



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

TESIS DOCTORAL

**ESTRATEGÍAS DINÁMICAS DE
POSICIONAMIENTO DE ÓRDENES EN EL
MERCADO BURSÁTIL ESPAÑOL**

**Autor:
Luana Gava**

**Director:
Sandro Brusco**

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA DE LA EMPRESA

Getafe, Septiembre 2006

TESIS DOCTORAL

ESTRATEGÍAS DINÁMICAS DE POSICIONAMIENTO DE ÓRDENES EN EL MERCADO BURSÁTIL ESPAÑOL

Autor: Luana Gava

Director: Sandro Brusco

Firma del Tribunal Calificador:

Presidente: (Nombre y apellidos)

Vocal: (Nombre y apellidos)

Vocal: (Nombre y apellidos)

Vocal: (Nombre y apellidos)

Secretario: (Nombre y apellidos)

Firma

Calificación:

Leganés/Getafe, de de

A Flor, Luciano y Chris

A Andrés

Agradecimientos

Antes de empezar me gustaría aprovechar estas líneas para agradecer a muchas personas el que, de una u otra forma, me hayan ayudado y apoyado durante el doctorado permitiendo que esta tesis llegase a buen fin. Tantos son los que deberían constar y la urgencia y tan escaso el espacio que pido disculpas a aquellos que seguro me dejo en el tintero.

En primer lugar, como no, quiero agradecer a Sandro Brusco, mi director de tesis, su apoyo y disponibilidad así como la confianza que ha depositado en mí a lo largo de estos años. Aprecio mucho la paciencia que ha tenido mientras veía y contribuía a que este proyecto tomase forma. Echaré de menos sus opiniones y aportaciones siempre acertadas y sus críticas positivas así como su sentido del humor.

También quiero agradecer a Isabel Gutierrez y Alejandro Balbas, como directores del Departamento, el apoyo que he recibido por parte de este. Creo que el ambiente existente en el Departamento de Economía de la Empresa ayuda a disponer de un entorno propicio que permite al doctorando centrarse en el desarrollo de su tesis doctoral. Me gustaría también agradecer a las secretarias de Departamento, Begoña y Raquel, la paciencia y amabilidad que han tenido conmigo en todo momento para resolver todas mis dudas y consultas.

Clara Cardone y David Camino me han dado la oportunidad de colaborar en varios cursos de Master, gracias por la confianza en mí que eso implica así como por la gran experiencia que esto ha supuesto en mi vida profesional. Quiero también agradecer a Pilar, Sonia y Santiago el que siempre hayan hecho tan fáciles las tareas del master.

También quería aprovechar para agradecer a Mikel Tapia su disponibilidad, su simpatía, sus consejos y el tiempo que generosamente ha dedicado a comentarme los artículos que constan en estas tesis además de por hacerme ver en los momentos más difíciles que el final estaba cerca.

Me gustaría expresar mi gratitud a David Abad y Roberto Pascual que siempre me han ayudado a resolver algunos de los problemas con los que me he encontrado en mi tesis brindándome su tiempo y atención.

También agradezco a Clara Cardone su generosidad, su confianza y apoyo en todos los momentos en que lo necesitaba. Ha terminado siendo una amiga y espero que continúe siéndolo en el futuro.

Agradezco también a los profesores que he ayudado, en la licenciatura y en el master, su colaboración la cual ha facilitado mi trabajo: Javier Gil, David Camino, Clara Cardone, Josep Tribó, Julio Cerviño, Maite Seco y Margarita Samartin.

Durante la estancia en la Carlos III he podido conocer a muchos compañeros con los que he compartido momentos del doctorado que siempre recordaré con cariño. Quiero destacar de forma especial a Ramiro, Antonio y Óscar por su apoyo en todo momento y por las terapias en la cafetería, a Carmine y Fabio por nuestras charlas en italiano para no olvidarlo.

Tampoco olvidaré fácilmente a mis compañeros de despacho: Santiago, Alberto y Miguel Angel que han soportado alegremente mis nervios. Una mención especial merecen “Marieta”, Julian, Ricardo y Eva por haber compartido las penas y las alegrías en el largo camino de la tesis y por ser como sois, os considero grandes amigos más que compañeros de despacho.

Quiero expresar mi cariño también a Maria José, que siempre me ha demostrado su amistad, su apoyo y que me ha ayudado a ver que la “luz después del túnel” está siempre más cerca de lo que uno cree.

Quiero también recordar a algunas personas que he conocido fuera del doctorado y con las he compartido momentos especiales: Olalla, Ana, Rocio, Araceli, Maria, Pedro, Txus, Silvia, Iraide y Giada.

Gracias también a la familia de Andrés: Begoña, Cecilia, Gregorio y Marcos, que desde la distancia me han brindado su apoyo y su cariño y me han hecho sentir como de la familia.

Quiero agradecer a mi familia, no habéis hecho el doctorado pero habéis sufrido todas mis penas. A mis padres, Fiorenza y Luciano, gracias por vuestra paciencia, apoyo y por el cariño que recibo todos los días. A mi hermano, Christian, por su apoyo incondicional en todas las situaciones y por intentar protegerme como si fuese mi hermano mayor.

Por último, quiero expresar mi gratitud y amor a Andrés, que desde que ha entrado en mi vida ha sido mi principal apoyo. Me ha animado en todo momento a ver que el final era una meta que se podía alcanzar y que hay vida después. Gracias por tu ayuda con la traducción, sin ella no sé si esta tesis hubiera llegado “a buen puerto”. Gracias por brindarme tu amor y por hacerme reír todos los días. Va por ti...gracias por TODO.

ÍNDICE

<i>Agradecimientos</i>	<i>iii</i>
------------------------------	------------

Preámbulo	1
------------------------	----------

CAPÍTULO 1

1. Introducción a la Microestructura de los Mercados Financieros

1.1. Aspectos Generales de la Microestructura	7
1.2. Estrategía de Posicionamiento de órdenes	15
Referencias	19

CAPÍTULO 2

2. Bases de Datos y Algoritmo utilizados

2.1. Introducción	25
2.2. Las Bases de Datos	26
2.3. El Archivo MP	27
2.3.1. Emisión de una nueva orden	29
2.3.1.1. Nueva Orden con un precio existente	29
2.3.1.2. Nueva Orden a un nuevo precio	30
2.3.1.3. Nueva orden residual tras una orden limitada por lo mejor	32
2.3.2. Transacciones y Cancelaciones	36
2.3.2.1. Transacción o cancelación parcial	36
2.3.2.2. Transacción o cancelación total	37

2.3.2.3.	Transacción o cancelación de más de un nivel	38
2.4.	El archivo SM	40
2.4.1.	La clasificación propuesta por Abad	41
2.5.	El archivo BASA	46
2.6.	El Algoritmo	47
2.7.	El resultado del Algoritmo	51
	Referencias	54

CAPÍTULO 3

3. La Velocidad de Ejecución de las Órdenes Limitadas en la Bolsa de Valores

Española

Resumen.....	55
3.1. Introducción	56
3.2. Revisión de la literatura	59
3.3. Hipótesis a contrastar en el estudio	64
3.4. SIBE y el Dataset	68
3.4.1. SIBE.....	68
3.4.2. El Dataset.....	72
3.5. Descripción de las variables	75
3.5.1. La agresividad en precio	75
3.5.2. Otras variables	78
3.6. Estadísticos Descriptivos del mercado	80
3.7. Algunos comentarios sobre el mercado	86
3.8. Metodología	92
3.9. Resultados empíricos	93

3.10. Conclusiones	112
Apéndice	114
Referencias	115

CAPÍTULO 4

4. Cancelaciones en la Bolsa de valores española: tipos y determinantes

RESUMEN	119
4.1. Introducción	120
4.2. Literatura Relacionada	123
4.3. La Bolsa de Valores Española y la Base de Datos	127
4.3.1. Características institucionales del SIBE	128
4.3.2. Datasets	129
4.3.3. Descripción del mercado	131
4.4. Análisis empírico	145
4.4.1. Descripción de las variables	145
4.4.2. Estrategias de emisión de órdenes	147
4.4.3. Los Determinantes de las Cancelaciones.....	156
4.5. Conclusiones	160
Apéndice	162
Referencias	164

CAPÍTULO 5

5. Un Análisis de la Agresividad de las Órdenes en el Mercado Bursátil Español

RESUMEN	167
5.1. Introducción	168
5.2. Literatura.....	169
5.3. La Bolsa de Valores Española y la Base de Datos	174
5.3.1. Características institucionales del SIBE	174
5.3.2. Datasets	176
5.4. Estadísticos Descriptivos	180
5.4.1. Las probabilidades incondicionales de órdenes y transacciones .	180
5.4.2. Órdenes y transacciones durante el día	183
5.4.3. Órdenes y transacciones condicionales en el último evento	186
5.5. Análisis de Regresión	190
5.5.1. Descripción de las Variables	190
5.5.2. Las Hipótesis a Contrastar	192
5.5.3. El Modelo a estudiar	198
5.5.4. Resultados	200
5.6. Conclusiones	205
Referencias	208

CAPÍTULO 6

6. Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación

211

Preámbulo

Esta tesis doctoral analiza la relación existente entre el proceso de toma de decisión relativo al proceso dinámico de posicionamiento de órdenes en un mercado bursátil y las variables que afectan tal decisión. Más en detalle, se considera un mercado dirigido por órdenes definido como transparente donde la información se encuentra disponible en tiempo real a través del libro de órdenes. En este contexto, todos los agentes que participan en el mercado están igualmente informados, su decisión va a depender de la información disponible, su nivel de aversión al riesgo y su capacidad de extraer y elaborar información. Concretamente, se analizan estas cuestiones centrándonos en el mercado bursátil español y los activos que pertenecen al IBEX 35 en el periodo entre julio y Septiembre del 2000.

La tesis se compone de seis capítulos. En el primer capítulo se presenta una breve revisión de la literatura relativa a la microestructura y al marco teórico en el que se desarrollan los trabajos de investigación.

En el segundo capítulo se describen las bases de datos de que disponemos de la Bolsa de valores española así como el algoritmo utilizado para obtener exactamente la información que se precisa (por ejemplo, los tiempos de ejecución de las órdenes limitadas) para realizar el trabajo empírico de la tesis doctoral.

Disponemos de los datos del período comprendido entre julio y septiembre del 2000 para los activos que pertenecen al índice IBEX 35. Los datos facilitados se encuentran

en tres bases de datos, que contienen información sobre las órdenes limitadas introducidas (el número de órdenes, volumen y precios) y sobre las transacciones, y que serán descritas en detalle a lo largo del capítulo.

Los datos, sin embargo, no se encuentran en un formato en el que puedan ser utilizados. Aunque la información se encuentra presente en ellos, es necesario extraerla, para lo cual necesitamos un algoritmo que nos permita explotar la información e interrelaciones existentes entre las distintas bases de datos que tenemos en nuestro poder. Sin los contenidos de este capítulo hubiese sido imposible realizar el resto de análisis y el tiempo y dedicación que el manejo de la base de datos ha exigido no son despreciables. Aunque es claro que el valor añadido de esta tesis no se encuentra en este capítulo, es importante comprender el origen de la información manejada posteriormente así como las limitaciones que nos vienen impuestas.

El objetivo del tercer capítulo es estudiar empíricamente los factores que influyen en el tiempo de ejecución de las órdenes limitadas en la Bolsa de valores española. Además de obtener resultados para cada uno de los activos, se propone una división de los activos en tres muestras según su nivel de actividad en el mercado. Utilizamos un modelo econométrico basado en el análisis de supervivencia para analizar el efecto que variables como la horquilla entre los mejores precios de compra y de venta, la agresividad del precio, la volatilidad del activo y la profundidad del libro de órdenes tienen en el tiempo esperado de ejecución de las órdenes limitadas. Se aprecia que las órdenes limitadas que igualan o mejoran el precio existente en el mejor nivel del libro tienen un tiempo esperado de ejecución más corto. También el tiempo se reduce cuando el valor es más volátil y activo. El tiempo de ejecución es más corto al principio y al final de la sesión diaria, aunque este resultado depende del grupo de activos considerados, y es más largo cuando la horquilla relativa entre el mejor precio de

compra y de venta se ve ampliada. Finalmente, estudiamos el efecto de las variables explicativas sobre el tiempo esperado de ejecución en diferentes períodos de la sesión diaria con el fin de comprobar la robustez de los efectos obtenidos anteriormente así como para detectar patrones de intensidad en los efectos a lo largo del desarrollo de la sesión.

El cuarto capítulo analiza el comportamiento de los agentes que, en un mercado transparente, pueden observar el libro de órdenes y tienen la opción de cancelar las órdenes limitadas que aún permanecen en el libro a la espera de ser ejecutadas. La opción puede ser utilizada si las condiciones de mercado no son las esperadas, aunque también se propone y estudia la existencia de otro tipo de cancelación, la de órdenes que buscan obtener información. Estas órdenes se cancelarán en un breve plazo tras su emisión, de hecho, dada su definición, es plausible pensar que a la vez que son emitidas, el agente ya sabe que serán canceladas. Lo realmente importante en este caso es que la decisión de cancelar no se lleva a cabo por cambios en las condiciones del mercado, sino que se toma a la vez que la orden se lanza al mercado. Por ello, a lo largo de este capítulo estas nuevas órdenes, que se denominan órdenes *fleeting*, tendrán un tratamiento especial.

Hemos estudiado los factores empíricos que afectan a las cancelaciones en el mercado español.

Estamos interesados en averiguar qué factores y de qué modo influyen la decisión de cancelar, tanto en el caso de las órdenes *fleeting* como en el de las cancelaciones que se deciden tras la emisión. En el primer caso usamos un modelo logit multinomial para testar la estrategia de introducción/cancelación de la orden, ya que cuando la orden se emite la decisión de cancelarla ya ha sido tomada. Parece que la probabilidad de introducir una orden *fleeting* aumenta con la horquilla, la volatilidad y el nivel de

actividad comercial, además de estar relacionada con el tipo de orden introducida anteriormente.

En el caso de una cancelación determinada por el cambio en las condiciones de mercado vamos a utilizar un modelo de probabilidad tipo logit. Los resultados apuntan a que la decisión de cancelar está relacionada con la horquilla y la volatilidad calculada en el momento de la cancelación, el cambio en el número de negociaciones en el mercado, el movimiento del orden a lo largo de los niveles del libro así como el nivel en el que la orden se introduce.

El quinto capítulo analiza los factores que afectan la agresividad de las órdenes colocadas en el mercado bursátil español. Se han modificado algunas categorías de la clasificación de agresividad propuesta por Biais et al (1995); en concreto se ha eliminado la categoría de las cancelaciones porque pensamos que la cancelación es una opción que tienen todos los agentes que han introducido una orden con anterioridad, pero no un agente nuevo que entra en el mercado. Además, se ha añadido una categoría que se refiere al evento no-actividad, un agente decide no hacer nada cuando quiere esperar una mejor oportunidad y, por ello, parece lógico definir esta categoría como la menos agresiva. Con esta nueva clasificación podemos analizar los determinantes que afectan la decisión del agente cuando ha de elegir, dentro de su estrategia, el nivel de agresividad con el que se posicionará en el mercado. Para llevar a cabo este análisis se utiliza un modelo logit multinomial. Los resultados obtenidos muestran los efectos que tienen variables como la horquilla de precios, la volatilidad, la profundidad y la asimetría de información en el proceso de colocación de las órdenes. En concreto, un aumento de la horquilla incentiva la introducción de órdenes limitadas agresivas mientras la probabilidad de colocación de las otras órdenes disminuye. Un aumento de la profundidad hace la introducción de órdenes agresivas más probable en el mismo

lado del libro para obtener prioridad en la ejecución. La asimetría de información lleva a introducir órdenes menos agresivas en el mismo lado del libro y más agresivas en el lado opuesto.

El sexto capítulo contiene las conclusiones y apunta brevemente posibles líneas futuras de investigación.

Es importante advertir al lector de que la intención de esta tesis es el que los distintos capítulos que la componen sean autocontenidos. Esto implica que muchas ideas y referencias bibliográficas se repitan a lo largo de las páginas.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LA MICROESTRUCTURA DE MERCADOS FINANCIEROS

1.1. ASPECTOS GENERALES DE LA MICROESTRUCTURA

En esta sección se presentará una breve revisión de la literatura de microestructura prestando especial atención a la línea de investigación que se ocupa del comportamiento estratégico de los agentes de mercado en el proceso de toma de decisión sobre el posicionamiento de órdenes. Existen otros resúmenes¹ mucho mas exhaustivos sobre la microestructura de los mercados financieros, pero el objetivo de esta sección es mencionar las principales ideas y aportaciones desde una perspectiva histórica² con el objetivo de enmarcar los capítulos 3, 4 y 5 dentro del amplio campo de la

¹ O'Hara [56], Coughenour. y Shastri [22], Madhavan [52], Marín y Rubio [53], Abad [1], Pascual [60] y Biais et al [9].

² Abad [1].

microestructura. De hecho, cada uno de estos capítulos, como se ha indicado, pretenden ser autocontenidos, por lo que se desarrolla en cada uno de ellos su propia literatura.

Según O'Hara [56] la microestructura de los mercados financieros se centra en el estudio de los procesos y resultados que se producen en el intercambio de activos bajo normas de negociación explícitas. La teoría económica y la financiera tienen que ver con la negociación de activos financieros entre distintos individuos e instituciones, mientras la microestructura de mercados se centra en la interacción entre los mecanismos del proceso de negociación y sus resultados en términos de precios y cantidades negociadas. Es evidente que las reglas específicas bajo las cuales se produce el proceso de negociación afectan directamente a los resultados de tales procesos. La eficiencia de un determinado mecanismo de contratación y la naturaleza del proceso de ajuste de los precios ante la llegada de nueva información, asimétrica entre los diversos agentes que intervienen en el mercado, son piezas claves de la microestructura. Cada mecanismo de negociación puede ser visto como el resultado de un juego en que los jugadores y las reglas del juego son cruciales. Los jugadores se encuentran en algún lugar (no necesariamente físico) y actúan según algunas normas explícitas del mercado. El lugar donde ocurren las negociaciones no es tan importante por su localización si no por las normas que tiene. Se puede deducir que la formación del precio se ve afectada tanto por el diseño del mercado como por el comportamiento estratégico de los agentes que participan en ello. En el trabajo de Madhavan [52] la microestructura se considera desde el punto de vista de la economía de la información y se definen cuatro categorías en las que se desarrolla la investigación:

- *El proceso de formación de precios*: que incluye modelos estáticos así como las determinantes de los costes de transacción y modelos dinámicos como el proceso por que los precios incorporan información en el tiempo. La literatura

sobre este tema se ha preocupado por estudiar el funcionamiento del mercado y el desarrollo del proceso de formación de precios. En palabras de la autora, el objetivo que se persigue es aprender como funciona la caja negra y las demandas latentes se transforman en precios y volúmenes.

- *La estructura y diseño del mercado:* estudia los protocolos de negociación y su influencia sobre la formación de precios. Este tema se centra en cómo diferentes normas afectan a la liquidez y calidad de mercado, así como a la caja negra que hemos presentado anteriormente³.
- *La información y su difusión:* en esta categoría se trata de profundizar en la habilidad y capacidad de los participantes en el mercado de extraer información sobre el proceso de negociación, prestando especial atención a la transparencia de mercado. Se estudia cómo la difusión de información sobre el mercado y el proceso de negociación afecta al comportamiento de los agentes y sus estrategias.
- *Interrelación con otras áreas:* Temas de información relacionados con otras áreas de la literatura financiera como las finanzas corporativas, la valoración de activos y las finanzas internacionales.

Si se analiza la literatura de microestructura se puede observar que inicialmente se desarrollan los modelos relativos a la formación de precios. En este caso las normas de negociación están definidas y lo que se investiga es cómo se desarrolla el proceso de convergencia al precio de equilibrio. Una vez se dispone de resultados en este campo, se estudia como el comportamiento de los agentes o situaciones relacionadas con la

³ La literatura sobre este tema se apoya en los resultados obtenidos por la relativa a la formación de precios.

asimetría de información y los protocolos del mercado pueden afectar al proceso de formación de precios.

Los mercados de capitales tienen como función la formación de precios de los activos que en ellos se negocian. Esta función es importante ya que los precios serán utilizados por los agentes económicos en la toma de decisión que determina la asignación de recursos. Según O'Hara [56], la primera aproximación formal al mecanismo de formación de precios estaba basada en la figura del subastador walrasiano que no toma parte en las transacciones y únicamente canaliza cantidades entre compradores y vendedores. La preocupación por el estudio de este proceso es el primer paso que posibilita el surgimiento de esta literatura, conocida como microestructura de mercado, término que es utilizado por primera vez en el título del artículo de Garman [29] sobre el proceso de creación del mercado.

Sin embargo, la investigación en el campo de la microestructura tiene su origen en el trabajo de Demsetz [23], que analiza la determinación de los precios en los mercados de acciones. Su mayor contribución fue introducir la dimensión temporal en el proceso de formación de precios. En su trabajo compradores y vendedores llegan al mercado secuencialmente, lo que provoca la aparición de costes de inmediatez que rompen con el supuesto clásico de precio único que limpia el mercado. De esta forma existen dos curvas de oferta y dos de demanda. En ambos lados del mercado tendremos agentes que quieren comprar o vender con rapidez y otros que quieren negociar pero no tienen urgencias. Dada esta nueva necesidad se introduce la figura del proveedor de inmediatez, que satisface la necesidad de compradores y vendedores impacientes y cuya labor debe ser retribuida a través de la horquilla de mercado.

En este contexto se sitúa la primera generación de la literatura de microestructura de mercado, que analiza el impacto del precio de las negociaciones y la horquilla y supone la existencia de proveedores competitivos de liquidez. Bajo este supuesto, los ingresos de los agentes que ofrecen liquidez, correspondiente a la horquilla, simplemente reflejan los costes que soportan: costes de procesamiento de órdenes⁴ (Roll, [67]), costes de selección adversa⁵ (Kyle, [47]; Glosten y Milgrom, [33]; Glosten, [31]) y costes de inventario⁶ (Stoll, [70]). Mientras esta literatura identificaba estos costes teóricamente, se desarrollaron métodos empíricos que permitían analizar los datos sobre precios de transacción, cantidades y costes de negociación estimados, a través de la relación entre precios de transacción y la horquilla de precios (Roll, [67]; Glosten y Harris, [32]; Hasbrouck, [44]). Esta línea de investigación ha demostrado que las transacciones provocan un efecto transitorio y uno permanente en los precios. Mientras el primero está relacionado con los costes de procesamiento de órdenes y de inventario el segundo refleja la información. Además, cuando se empieza a disponer de los datos de inventario, empiezan los estudios empíricos sobre el inventario del especialista y de los inversores, que investigan la relevancia del paradigma de inventario⁷. Mientras esta literatura ha demostrado que, teóricamente, las consideraciones sobre el inventario tienen un impacto en las negociaciones de los proveedores de liquidez; la importancia

⁴ Estos costes surgen cuando se satisface una necesidad de inmediatez. Hay alguien que quiere comprar o vender inmediatamente y el creador de mercado satisface esta necesidad y es compensado con la horquilla de precios.

⁵ Estos costes surgen por la presencia de asimetrías informativas en el mercado entre agentes. La horquilla puede verse como la compensación que reciben los creadores de mercado por las pérdidas derivadas de negociar con agentes mejor informados.

⁶ Estos costes están relacionados con el inventario del oferente de liquidez y su grado de aversión al riesgo. El creador de mercado tiene la obligación de ser contrapartida a los precios y cantidades que especifica. Su inventario queda expuesto a una variación que a veces se aleja del nivel óptimo. El creador de mercado quiere ser compensado por la desviación del nivel óptimo con una horquilla mas ancha.

⁷ El paradigma de inventario se basa en que se pueden predecir variaciones en los precios a partir del nivel de existencias de los creadores de mercado. Si el creador de mercado hace una defensa de su posición óptima, va a querer vender cuando tenga mucho inventario y lo conseguirá reduciendo simultáneamente sus precios bid y ask.

empírica del efecto de los inventarios en el posicionamiento de las cotizaciones no es tan clara.

Otro paso adelante en esta área trataba de relajar el supuesto competitivo para discutir el caso en que la oferta de liquidez es proporcionada por agentes estratégicos que actúan activamente en el mercado. Su poder de mercado puede llevar a una relativa falta de liquidez, como fue mostrado teóricamente por Kyle [48], Bernhardt y Hughson [6] y Biais, Martimort y Rochet [8]; y empíricamente por Christie y Schultz [18] y Christie, Harris y Schultz [17]. Cuando el centro de atención de la literatura de microestructura de mercado se desplaza desde el comportamiento competitivo al comportamiento estratégico de los proveedores de liquidez, los estudios empíricos van más allá del análisis de los precios y cantidades de negociación. Una línea de investigación importante pasa a centrarse en las cotizaciones y estrategias de posicionamiento de órdenes. Precisamente en este campo se desarrolla la investigación presentada en esta tesis doctoral, que vamos a repasar brevemente más adelante.

En el mismo periodo también se empieza a desarrollar la literatura relacionada con el diseño del mercado y su influencia sobre las estrategias de los agentes, sobre el proceso de formación de precios, etc. Madhavan [51] lleva a cabo el primer estudio teórico que compara distintas estructuras o formas de organización del mercado estableciendo las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas en términos de eficiencia y liquidez.

La organización de los mercados financieros define las normas del juego que deben seguir los inversores y proveedores de liquidez. Estas normas afectan a la formación de precios y, por ende, a determinadas transacciones, así como al alcance e importancia de la asimetría de información, el comportamiento estratégico, las fricciones y los costes de transacción que surgen del proceso de negociación.

Se presentan a continuación las diferentes características entre las que se debe elegir a la hora de definir un mercado. En lo que respecta a su estructura básica, hay que decidir cuestiones como la oferta de immediatez, el grado de continuidad, la localización y automatización de la negociación⁸, el grado de concentración⁹ y los distintos protocolos del mercado como el horario de la sesión, los tipos de órdenes que se pueden introducir, las variaciones mínimas, actuaciones en caso de rebasar ciertos umbrales de variación, etc¹⁰.

Como hemos visto antes, existen agentes para los que la immediatez es relevante; tratando de dar respuesta a sus necesidades los mercados establecen contrapartida para ellos. Se puede distinguir entre mercados dirigidos por precios, mercados dirigidos por órdenes y formas híbridas. Todas estas posibilidades han sido analizadas en la literatura¹¹.

⁸ Hay mercados que optan por una localización física en la que reunir a compradores y vendedores mientras otros están sustentados por un sistema totalmente computerizado.

⁹ Muchos estudios teóricos (Pagano, [57], Admati y Pfleiderer, [2]; Chowdry y Nanda, [14]) muestran una tendencia natural a concentrar la negociación en un único mercado. Sin embargo, muchos mercados permanecen fragmentados y existen estudios que intentan explicar este fenómeno. La mayoría de los estudios considera el NYSE y más en detalle el fenómeno denominado *payment for order flow* que se produce desde otras estructuras alternativas. Biais et al [9] presentan dos explicaciones que se fundamentan en la organización del NYSE. La primera se refiere a la existencia de oferentes de liquidez estratégicos que se aprovechan de la falta de liquidez entre mercados y de la presencia de un tick reducido para ofrecer liquidez fuera del mercado principal. Esta práctica es beneficiosa para quien la articula pero reduce la calidad global del mercado acentuando las asimetrías de información (Chordia Y Subramanyan, [15]; Easley et al, [24]). La segunda explicación tiene en cuenta el poder de mercado del especialista y floor brokers (Battalio et al. [4], Battalio, [3]).

¹⁰ La mayoría de los mercados suelen optar por parar la negociación de un activo (trading halt) o del mercado (circuit breaker) para tratar situaciones anómalas como momentos de alta incertidumbre, fuertes desequilibrios en el flujo de compras y ventas. Algunos trabajos a favor de esta practica se deben a Greenwald y Stein, [36], [37] y Kondres y O'Brien, [46] y Corwin y Lipson, [21]. Sin embargo, otros autores son contrarios, Brown y Jennings, [13], Grundy Y McNichols, [40] y Grossman [39]. Algunos estudios empiricos (Lee et al, [49]; Corwin y Lipson [21]; Goldstein y Kavajecz, [35]; Christie et al, [16]) plantean dudas sobre la idoneidad de este tipo de práctica o sobre la efectividad de los sistemas utilizados para relanzar la negociación.

¹¹ Al principio garantizar la liquidez era una labor del creador de mercado y así había muchos mercados dirigidos por precios, pero existe otra forma alternativa de ofrecer liquidez, el uso de órdenes limitadas por parte de los inversores. Los primeros trabajos que posibilitan la introducción de órdenes limitadas no abandonan la presencia del creador de mercado y analizan los resultados de incorporar esta figura al mercado (Kyle, [48]; O'Hara y Oldfield [55]). Otros estudios analizan el NYSE (un mercado con estructura híbrida) y se pueden destacar los de Rock [66], Benveniste et al [5], Petersen y Fialkowsky [61], Harris y Hasbrouck [43], Seppi [69], Kavajecz [45] y Ready [65]. Por su parte, Glosten [31] y Sandas [68] estudian distintas características relacionadas con el equilibrio en un mercado dirigidos por

En lo que a grado de continuidad de la negociación se refiere, podemos encontrarnos con mercados de contratación continua y mercados de contratación periódica o intermitente. Los últimos, normalmente, trabajan con un sistema de subasta¹².

Otra característica importante a considerar es el nivel de transparencia del mercado, como se distribuirá la información sobre la negociación que tiene lugar en el mercado, no sólo en lo que respecta a la cantidad sino también en cuanto a calidad de la misma¹³.

Una distinción importante debe realizarse entre transparencia antes de la transacción (cotizaciones y cantidades que se ofertan y demandan en el mercado) o después de ella (información sobre precios y volúmenes negociados en el mercado).

órdenes, el primero es un trabajo teórico mientras el segundo modifica el modelo de Glosten para contrastar empíricamente algunas hipótesis. Madhavan [51], Theissen [72] y Viswanathan y Wang [73] obtienen importantes resultados tras comparar mercados puros dirigidos por órdenes y mercados puros dirigidos por precios. Debido a la fuerte expansión de los mercados dirigidos por órdenes existe un creciente interés por su funcionamiento. Handa y Schwartz [41], Parlour [59], Foucault [28] y Handa et al [42] analizan teóricamente la decisión sobre el uso de órdenes limitadas y órdenes de mercado. En estos casos se pueden identificar los riesgos de negociar con agentes más informados.

¹² Existen trabajos teóricos que sugieren que el sistema de subasta es un mecanismo más eficiente para tratar con la información que llega al mercado (Stoll, [71]; Cohen y Schwartz, [20]; Madhavan, [51]). La idea consiste en que al acumularse las órdenes se produce una agregación de la información contenida y facilita su interpretación. Este sistema es valioso cuando existe una fuerte incertidumbre sobre el valor fundamental del activo y el activo no es muy líquido.

¹³ Los primeros trabajos que tratan el tema de la transparencia son los mismos que establecen comparaciones entre la estructura básica del mercado, ya que estas están caracterizadas por distintos niveles de transparencia (Madhavan, [51]; Pagano y Roell, [58]; Foster y George, [27]; Benveniste et al, [5]; Admati y Pfleiderer, [2]; Chowdhry y Nanda, [14] y Naik et al, [54]; Gemill, [30], Porter y Weaver, [62], [63]; Bloomfield y O'Hara, [11], [12]).

1.2. ESTRATEGIAS DE POSICIONAMIENTO DE ÓRDENES

Como ya hemos anticipado, nuestra aportación se centra en esta línea de investigación y, concretamente, trata de analizar conceptos relacionados con la naturaleza dinámica de la oferta de liquidez y las estrategias de posicionamientos de órdenes en el mercado. Algunos trabajos teóricos y empíricos han profundizado previamente en este proceso dinámico, a continuación mencionamos las principales referencias que podemos hallar en la literatura.

Mientras en la mayoría de los análisis teóricos se supone exógenamente que hay agentes que utilizan órdenes limitadas y otros que utilizan órdenes de mercado en la práctica los inversores pueden elegir entre órdenes limitadas y de mercado. Cohen, Maier, Schwartz y Whitcomb [19] proponen el primer modelo que permite analizar esta decisión. Foucault [28] endogeniza la opcionalidad entre órdenes limitadas y de mercado en un modelo dinámico estacionario en que el precio de equilibrio y los procesos de flujo de órdenes están conjuntamente determinados. Se analiza teóricamente, como una función del estado del libro, la decisión del inversor de ejecutar contra las órdenes ya existentes o introducir nuevas órdenes limitadas, imponiendo expectativas racionales sobre la probabilidad endógena de ejecución de las órdenes limitadas. En línea con esta intuición parece óptimo introducir órdenes limitadas cuando la horquilla es ancha, mientras la situación es favorable a las órdenes de mercado cuando la horquilla es estrecha. Paralelamente a este análisis teórico, Harris y Hasbrouck [43] descubren que “para activos cuya horquilla dobla el tick la ejecución de órdenes introducidas en la horquilla domina a las órdenes de mercado”. Esto es consistente con el análisis empírico de las frecuencias condicionales de las diferentes estrategias en el libro de órdenes electrónico

del mercado bursátil de París desarrolladas por Biais, Hillion y Spatt [7]. Ellos descubren que cuando la horquilla es relativamente ancha la liquidez es ofrecida frecuentemente (abundan los proveedores de órdenes limitadas), mientras que cuando la horquilla es relativamente estrecha, los inversores están dispuestos a aceptar la liquidez existente, que se ofrece en términos relativamente favorables e introducen órdenes de mercado. Esto provoca reversión a la media en la horquilla de precio y autocorrelación serial negativa en cambios en el precio de venta (compra o medio), cuando el precio de venta sube respecto a su nivel de equilibrio, se verá reducido con la entrada de órdenes limitadas de venta que mejoran el precio. Hay que recordar que la reversión a la media no es instantánea, hace falta tiempo para que los proveedores de liquidez puedan identificar estas oportunidades de introducción de órdenes. Biais, Hillion y Spatt [7] descubren que la introducción de órdenes limitadas ocurre con más rapidez cuando la horquilla es ancha que cuando es más estrecha. Esta reacción, relativamente rápida, refleja la velocidad con que los inversores que observan el mercado aprovechan la oportunidad de proveer liquidez cuando es escasa.

El análisis teórico de Parlour [59] de la colocación de órdenes dinámica estudia como los inversores contraponen precios menos atractivos con mejoras en los precios existentes en el libro que les permitirían evitar la espera obteniendo prioridad en precio. Confirmando el análisis teórico, Biais, Hillion y Spatt [7] descubren que los inversores introducen más órdenes limitadas entre los mejores precios cuando la profundidad al mejor nivel es alta.

Goettler, Parlour y Rajan [34] extienden el análisis de Foucault [28] a un modelo más amplio. El modelo que proponen no es analíticamente tratable, y obtienen su solución numéricamente. Su trabajo resulta interesante porque da más flexibilidad al investigador para construir modelos ricos que generen patrones en línea con los que se observan en la

realidad. Por ejemplo, Goettler, Parlour y Rajan [34] muestran que el flujo de órdenes es persistente, un tipo de orden es mas probable que sea seguido de una orden similar, como ya observaron empíricamente Biais, Hillion y Spatt [7]. Otros estudios empíricos sobre las dinámicas de los flujos de órdenes incluyen a Engle y Russel [26], Griffiths, Smith, Turnbull y White [38], Bisiere y Kamionka [10], Lo MacKinlay y Zhang [50], Ranaldo [64] y Ellul, Holden, Jain y Jennings [25]. El análisis numérico de Goettler, Parlour y Rajan [34] subraya que la persistencia del flujo de órdenes puede surgir a causa de la persistencia en el estado del libro, al que los siguientes agentes reaccionan.

Los capítulos 3, 4 y 5 de esta tesis doctoral afrontan el tema de las estrategias de posicionamiento de órdenes según diferentes puntos de vista. En el capítulo 3 se analizan los determinantes del tiempo esperado de ejecución de una orden limitada y sus efectos en el mismo con el fin de facilitar al inversor la elección entre órdenes limitadas y de mercado. El capítulo 4 analiza las posibilidades que un agente tiene cuando se presenta en un mercado dirigido por órdenes tratando de analizar la razón de su elección final. Las diferentes alternativas que se ofrecen al agente son no hacer nada, introducir una orden de mercado, una orden limitada o una orden *fleeting*. Esta última categoría es una novedad ya que tiene como objetivo recabar información en el mercado y, por esta razón, tiene una duración corta y la decisión de cancelar la orden limitada se ha tomado ya en el momento de su emisión. Además se analiza, en este mismo capítulo, la decisión de cancelar una vez que la orden limitada ha sido emitida y sigue presente en el libro de órdenes sin ejecutarse. En este caso, en contraste con el anterior, el agente toma la decisión de cancelar o no en base a las modificaciones que hayan tenido lugar en el mercado entre el momento de la emisión y el de la posible cancelación.

En el capítulo 5 se analiza el proceso de toma de decisión del agente en lo que a agresividad se refiere. En este caso, más que la decisión del tipo de orden a emitir nos

interesa lo agresivo que resulta ser el individuo con su elección, por lo que distinguimos entre órdenes que tienen diferentes niveles de agresividad. Hemos construido una clasificación exhaustiva de la agresividad de las órdenes tomando como punto de partida el trabajo de Biais et al (1995) eliminando las cancelaciones¹⁴ e incluyendo una nueva categoría llamada “ninguna actividad”, que es definida como la menos agresiva. Se analiza es el posicionamiento en términos de agresividad del agente, que puede elegir entre todas las alternativas incluidas en la categorización realizada.

¹⁴ Realmente la opción de cancelar no es una opción que tenga un agente que llega al mercado, más bien es una opción que tiene cuando ya ha participado en el mercado emitiendo una orden limitada que aún no ha sido ejecutada.

REFERENCIAS

- [1] Abad, D., (2003), ‘Aspectos Relevantes del diseño microestructural: el caso español’, Universidad de Alicante.
- [2] Admati, A., Pfleiderer, P., (1988), ‘A theory of intraday patterns: Volume and price volatility’, *The Review of Financial Studies* 1, 3-40.
- [3] Battalio, R., (1997), “Third Markets Broker-Dealers: Cost Competitors or Cream Skinners”, *Journal of Finance* 52: 341-352.
- [4] Battalio, R., Greene, J., Jennings, R., (1997), “Do Competing Specialists and Preferencing Dealers Affect Market Quality”, *Review of Financial Studies* 10: 969-993.
- [5] Benveniste, L., Marcus, A., Wilhelm, W., (1992), “What’s special about the Specialist?”, *Journal of Financial Economics* 24: 343-361
- [6] Bernhardt, D., Hughson, E., (1997), “Splitting Orders”, *Review of Financial Studies* 10: 69-101.
- [7] Biais, Bruno, Pierre Hillion, and Chester Spatt (1995) ‘An Empirical Analysis of the Limit Order Book and the Order Flow in the Paris Bourse’, *The Journal of Finance* 50: 1665-1689.
- [8] Biais, B., Martimort, D., Rochet, J., (2000), “Competing Mechanism in a Common Value Environment”, *Econometrica* 68: 799-838.
- [9] Biais, B., Glosten, L. y Spatt, C., (2005), “Market Microstructure: A Survey of Microfoundations, Empirical Results, and Policy Implications”, *Journal of Financial Markets* 8:217-264;
- [10] Bisiere, C., Kamionka, T., (2000), “Timing of Orders, Orders Aggressiveness and the Order Book in the Paris Bourse”, *Annales d’Économie et de Statistique* 20: 43-72.
- [11] Bloomfield, R., O’Hara, M., (1999), “Market Transparency: Who Wins and Who Loses?”, *Review of Financial Studies* 12: 5-35.
- [12] Bloomfield, R., O’Hara, M., (2000), “Can Transparent Markets Survive?”, *Journal of Financial Economics* 55: 425-459.
- [13] Brown, D., Jennings, R., (1989), “On Technical Analysis”, *Review of Financial Studies* 2: 527-552.
- [14] Chowdhry, B., Nanda, V., (1991), “Multimarket Trading and Market Liquidity”, *Review of Financial Studies* 10: 175-203.
- [15] Chordia, T., Subrahmanyam, A., (1995), “Market Making, the Tick Size and Payment for Order Flow: Theory and Evidence”, *Journal of Business* 68: 543-576.

- [16] Christie, W., Corwin, S., Harris, J., (2001), “Nasdaq Trading Halts: the Impact of Market Mechanisms on Prices, Trading Activity and Executions Costs?”, *Journal of Finance* 49: 1841-1860.
- [17] Christie, W., Harris, J., Schultz, P., (1994), “Why did NASDAQ Market Makers Stop Avoiding Odd-Eighth quotes?”, *Journal of Finance* 49: 1841-1860.
- [18] Christie, W., Schultz, P., (1994), “Why do NASDAQ Market Makers Avoid Odd-Eighth quotes?”, *Journal of Finance* 49: 1813-1840.
- [19] Cohen, K., Maier, S., Schwartz, R., Whitcomb, D. (1981) ‘Transaction Costs, Order Placement Strategy, and the Existence of the Bid-Ask Spread’, *Journal of Political Economy*, 89: 287-305.
- [20] Cohen, Schwartz, R., (1989) ‘An Electronic Call Markets: Liquidity, Volatility and Global Trading’, *Dow-Jones-Irwing* 15-58.
- [21] Corwin, S., Lipson, M., (2001), “Order Flow and Liquidity around the NYSE Trading Halts”, *Journal of Finance* 55: 1771-1805
- [22] Coughenour, J. y Shastri, K., (1999), “Symposium on Market Microstructure: A Review of Empirical Research”, *The Financial Review* 34:1-28
- [23] Demsetz, H., (1968), “The cost of transacting”, *Quarterly Journal of Economics*, 82: 33-53
- [24] Easley, D., N. Kiefer y M. O’Hara (1997) ‘Cream Skimming or profit Sharing? The Curious Role of Purchased order flow’, *Journal of Finance* 51: 811-833.
- [25] Ellul A., C.W. Holden, P. Jain y R. Jennings (2005), ‘Order Dynamics: Recent Evidence from the New York Stock Exchange’, Working Paper, Indiana University, <http://kelley.iu.edu/holden/Order%20Dynamics%2005-05-19.pdf>.
- [26] Engle, R., Russell, J., (1998), “Autoregressive Conditional Duration: A New Model for Irregularly Spaced Transaction Data”, *Econometrica* 66: 1127-1162.
- [27] Forster, M., George, T., (1992) ‘Anonymity in Securities Markets’, *Journal of Financial Intermediation* 2: 168-206.
- [28] Foucault, Thierry (1999) ‘Order Flow Composition and Trading Costs in a Dynamic Limit Order Markets’, *Journal of Financial Markets* 99-134.
- [29] Garman, M., (1976), “Market Microstructure”, *Journal of Financial Economics* 3:257-275.
- [30] Gemmill, G., (1996) Transparency and Liquidity: A Study of Block Trades on the London Stock Exchange Under Different Publication Rules”, *Journal of Finance* 51: 1765-1790.

- [31] Glosten, L. (1994) 'Is the Electronic Open Limit Order Book Inevitable?', *Journal of Finance* 59: 1127-1161.
- [32] Glosten, L., y Harris, L., (1988), "Estimating the Components of the Bid Ask Spread", *Journal of Financial Economics* 21:123-142.
- [33] Glosten, L., y Milgrom, P., (1985), "Bid, Ask and Transaction Prices in a Specialist Market with heterogeneously Informed Traders", *Journal of Financial Economics* 21:123-142.
- [34] Goettler, R., Parlour, C. y Rajan, U., (2006), 'Equilibrium in a Dynamic Limit Order Market', *Journal of Finance*, forthcoming.
- [35] Goldestein, M., Kavajecz, K., (2000), "The Anatomy of Liquidity Provision during Circuit Breakers and Extreme Market Movements", Working Paper 2000-2, NYSE.
- [36] Greenwald, B., Stein, J., (1988), "The Task Force Report: The Reasoning behind the Recommendations", *Journal of Economic Perspectives* 2: 3-23.
- [37] Greenwald, B., Stein, J., (1991), "Transactional Risk, Market Crashes and the Role of Circuit Breakers", *Journal of Business* 64:443-462.
- [38] Griffiths, M., Smith, B., Turnbull, D. y White, R. (2000) 'The costs and determinants of order aggressiveness', *Journal of Financial Economics* 56: 65-88.
- [39] Grossman, S., (1990), "Introduction to NBER Symposium on the October 1987 Market Crash", *Review of Financial Studies* 3: 1-3.
- [40] Grundy, B., McNichols, M., (1989), "Trade and Revelation of Information through Prices and Direct Disclosure", *Review of Financial Studies* 2: 495-526.
- [41] Handa, Puneet, y Robert Schwartz (1996) 'Limit Order Trading', *The Journal of Finance* 51: 1835-1861.
- [42] Handa, P., Schwartz, R., Tiwari A. (2003) 'Quote setting and price formation in an order driven market', *Journal of Financial Markets* 6: 461-489.
- [43] Harris, L., Hasbrouck, J., (1996), "Market vs Limit Orders: The SuperDOT Evidence on Order Submission Strategy", *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 31: 213-231.
- [44] Hasbrouck, J., (1988), "Trades, Quotes, Inventories and Information", *Journal of Financial Economics* 22:229-252.
- [45] Kavajecz, K., (1999), "A Specialist's Quoted Depth and the Limit Order Book", *Journal of Finance* 54: 747-771.

- [46] Kondres, L., O'Brien, D., (1994), "The Existence of Pareto Superior Price Limits", *American Economic Review* 84: 919-932.
- [47] Kyle, A., (1985), "Continuous Auction and Insider Trading", *Econometrica* 53:1315-1335.
- [48] Kyle, A., (1989), "Informed Speculation with Imperfect Competition", *Review of Economic Studies* 56: 317-355.
- [49] Lee, C., Ready, M., Seguin, P., (1994), "Volume, Volatility, and New York Stock Exchange Trading Halts", *Journal of Finance* 49: 183-214.
- [50] Lo, Andrew W., Mackinlay y June Zhang (2002), 'Econometric Model of Limit Order Executions', *Journal of Financial Economics*, 65: 31-71.
- [51] Madhavan, Ananth (1992), 'Trading mechanism in securities markets', *Journal of Finance* 47: 607-641.
- [52] Madhavan, Ananth (2000), 'Market Microstructure: A Survey', *Journal of Financial Markets* 3: 205-258.
- [53] Marín, J.M., Rubio, G., (2001), "Economía Financiera", Antoni Bosch, Barcelona.
- [54] Naik, N., Neuberger, A., Viswanathan, S., (1999), "Trade Disclosure Regulation in Markets with Negotiated Trades", *Review of Financial Studies* 12: 873-900.
- [55] O'Hara, M., Oldfield, G., (1986), "The Microeconomics of Market Making", *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 21:361-376.
- [56] O'Hara, M., (1995), *Market Microstructure Theory*, Blackwell Publishers, Cambridge, Mass.
- [57] Pagano, M., (1989), "Trading Volume and Asset Liquidity", *Quarterly Journal of Economics* 104: 255-276.
- [58] Pagano, M., Roell, A., (1996), "Transparency and Liquidity: A Comparison of Auction and Dealer Markets with Informed Trading", *Journal of Finance* 51: 579-611.
- [59] Parlour, Christine (1998) 'Price Dynamics and Limit Order Markets', *Review of Financial Studies*, 789-816.
- [60] Pascual, R., (2003) "Liquidez: una revisión de la investigación en microestructura", *Revista de Economía Financiera* 1: 80-126
- [61] Petersen, M., Fialkowsky, D., (1994), "Posted Versus Effective Spread: Good Prices or Bad Quotes", *Journal of Financial Economics* 35: 269-292.
- [62] Porter, D., Weaver, D., (1998a) 'Transparency and Liquidity: Should U.S. Markets be More Transparent?', Working Paper, Marquette University.

- [63] Porter, D., Weaver, D., (1998b), 'Post Trade Transparency on Nasdaq's national market system', *Journal of Financial Economics* 50: 231-252.
- [64] Rinaldo, A. (2004) 'Order aggressiveness in the limit order book markets', *Journal of Financial Markets* 7: 53-74.
- [65] Ready, M., (1999), "The Specialist's Discretion: Stopped Orders and Price Improvement", *Review of Financial Studies* 12: 1075-1112.
- [66] Rock, K., (1991), "The Specialist Order Book and Price Anomalies", Working Paper, Harvard University.
- [67] Roll, R., (1984), "A Simple Implicit Measure of the Effective Bid-Ask Spread in an Efficient Market", *Journal of Finance* 39: 1127-1139.
- [68] Sandas, P., (2001), "Adverse Selection and Competitive Market Making: Empirical Evidence from a Pure Limit Order Market", *Review of Financial Studies* 14: 705-734.
- [69] Seppi, D., (1997), "Liquidity Provision with Limit Orders and Strategic Specialist", *Review of Financial Studies* 10: 103-150.
- [70] Stoll, H., (1978), "The Supply of Dealer Services in Securities Markets", *Journal of Finance* 33: 1133-1151.
- [71] Stoll, H., (1985), "Alternate View of Market Making", *Amihud, Y., TSY.*
- [72] Theissen, E., (2000), "Market Structure, Informational Efficiency and Liquidity: An Experimental Comparison of Auction and Dealer Markets", *Journal of Financial Markets* 3: 333-363.
- [73] Viswanathan, S., Wang, J., (2002), "Market Architecture: Limit Order Books versus Dealership Markets", *Journal of Financial Markets* 5: 127-167.

CAPÍTULO 2

BASES DE DATOS Y ALGORITMOS UTILIZADOS

2.1. INTRODUCCIÓN

Esta parte se describen las bases de datos de la Bolsa de valores española (SSE) empleadas para realizar el trabajo empírico de la tesis doctoral, así como el algoritmo utilizado para obtener exactamente la información que se precisa, por ejemplo, los tiempos de ejecución de las órdenes limitadas.

Disponemos de los datos del período comprendido entre julio y septiembre del 2000 para los activos que pertenecen al índice IBEX 35. Los datos facilitados se encuentran en tres bases de datos, que contienen información sobre las órdenes limitadas introducidas (el número de órdenes, volumen y precios) y sobre las transacciones, y que describimos en detalle mas abajo.

Los datos, sin embargo, no se encuentran en un formato en el que puedan ser utilizados, aunque la información se encuentra presente en ellos, es necesario extraerla, para lo cual necesitamos un algoritmo que nos permita explotar la información e interrelaciones existentes entre las distintas bases de datos que tenemos en nuestro poder.

Esta nota explica en detalle qué tipo de información contiene cada base de datos y los pasos que sigue el algoritmo con el fin de generar la base de datos a explotar en los posteriores análisis.

2.2. LAS BASES DE DATOS

La información se encuentra en tres bases de datos. Primero, el archivo MP contiene la información sobre el libro de órdenes limitadas (LOB). Específicamente, este archivo muestra los primeros cinco niveles del libro en el lado de la compra y de la venta. Para cada nivel de precio, el libro recoge el número de órdenes presentes con ese precio y su volumen. El archivo SM informa de las transacciones ocurridas en cada momento, proporcionando además información sobre el mejor precio de compra y de venta presentes en ese instante, el precio al que la última transacción se llevó a cabo, y el volumen acumulado de las transacciones incluyendo esta última. Finalmente, el archivo BASA contiene información sobre las transacciones que han ocurrido durante la sesión desagregadas por órdenes, sin especificar el lado del libro en que han tenido lugar.

Por consiguiente, el fichero MP nos permite ver cuando se introducen nuevas órdenes, así como cuando se cancelan o ejecutan, mientras los otros dos (BASA y SM) proporcionan información sobre las transacciones que tienen lugar. Nuestro objetivo es poder seguir una orden desde el momento en que se introduce hasta el momento en que se ejecuta, se cancela o desaparece. Para lograr esa meta necesitamos aprovechar la

información contenida en los tres archivos de modo combinado usando algunos algoritmos que nos permiten obtener la información necesaria. Hemos programado un algoritmo que explota la información concerniente a los archivos BASA y MP, mientras que en el caso del SM, trabajamos con un algoritmo que, básicamente, sigue los pasos descritos por Abad [1] en su tesis. De este modo, estaremos listos para, a continuación, aplicar un nuevo algoritmo que empareje las transacciones que han ocurrido con las órdenes introducidas previamente.

2.3. EL ARCHIVO MP

El archivo MP contiene la información sobre el libro de órdenes limitadas tal y como puede ser observada por los agentes que participan en el mercado. Concretamente, disponemos del nombre de los activos, los cinco primeros niveles en el lado de la compra y en el lado de la venta, el instante de tiempo y la fecha. Cada nivel del dataset se describe por 3 variables: el precio al que las órdenes presentes en el nivel han sido emitidas, el volumen total y el número de órdenes limitadas presentes en este nivel. En el libro todos los eventos (la colocación de una nueva orden, cancelaciones, modificaciones o ejecuciones) son registrados en tiempo real por el SIBE (con una precisión en el instante de tiempo de segundos) y llevan a una modificación del libro de órdenes. Típicamente, el libro de órdenes en un momento determinado tiene, en cada una de sus líneas, la información siguiente (aunque se suministra en una sola línea de la base de datos):

Nombre del Activo	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{1t}^b	v_{1t}^b	p_{1t}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Segundo Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Tercer Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Cuarto Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Quinto Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s

Tabla 1: Información proporcionada por el LOB

Por tanto, tendremos tantas líneas en una sesión como modificaciones hayan tenido lugar en el libro.

En el primer nivel tenemos todas las órdenes con el mejor precio en cada lado del libro. En particular, sabemos cuántas órdenes están colocadas al mejor precio en el lado de la compra (n_{1t}^b), el volumen total de las órdenes (v_{1t}^b) y el precio (p_{1t}^b). Las variables con el exponente s proporcionan la misma información en el lado de la venta, y, lo mismo es válido para los siguientes cuatro niveles. Por ejemplo, v_{4t}^s denota el volumen total de las órdenes en el lado de la venta al cuarto mejor precio. Por consiguiente, cada línea en el MP dataset contiene 30 celdas. Una nueva línea se genera siempre que hay una modificación del libro de órdenes. Obsérvese que para las órdenes de compra, el mejor precio es el más alto, por eso tenemos

$$p_{1t}^b > p_{2t}^b > \dots > p_{5t}^b$$

Por el contrario, para las órdenes de venta el mejor precio es el más bajo, y tendremos

$$p_{1t}^s < p_{2t}^s < \dots < p_{5t}^s$$

Además, en cualquier momento t el LOB contiene órdenes que no se han ejecutado, así que $p_{1t}^s > p_{1t}^b$. Esto implica que todas las órdenes introducidas en el lado de la venta tienen precios más altos que las órdenes colocadas en el lado de la compra en el mismo

instante (si no, una orden de venta podría ser emparejada con una orden de compra y desaparecería del libro).

Siempre que una orden se ejecute, se cancele, o se modifique, se genera una nueva línea en la base de datos que recoge la nueva información que contiene el libro tras el cambio. Sin embargo, el dataset no nos dice qué evento causó el cambio. Distintos eventos pueden causar la misma modificación en el libro, aún siendo diferentes. Por ejemplo, una reducción del volumen de una orden del primer nivel puede deberse a una cancelación o una transacción. Como primer paso, describimos cómo eventos diferentes modifican el LOB, considerando primero la colocación de nuevas órdenes y, después, la ejecución o cancelación de órdenes ya presentes en el libro.

2.3.1. Emisión de una nueva orden

La llegada de una nueva orden se puede observar en tres formas diferentes. Primero, una nueva orden puede ser introducida a uno de los precios que aparecen en el LOB. Segundo, la orden puede ser colocada a un nuevo precio que no aparece en el LOB. Finalmente, una nueva orden a veces entra porque una orden limitada por lo mejor de gran tamaño no ha sido completamente ejecutada. Vamos ahora a discutir cómo cada uno de estos tres eventos modifica el LOB.

2.3.1.1. Nueva orden con un precio ya existente

Cuando una nueva orden es introducida a uno de los precios existentes en el libro, registramos un aumento en el número de órdenes y el volumen que previamente había en el nivel correspondiente. Por ejemplo, suponga que al tiempo t el estado del LOB es como el especificado en la tabla 1. Si un agente introduce una nueva orden de compra a un precio p_{2t}^b , en el momento $t+1$ podremos observar un nuevo estado en el libro de

órdenes (que se recoge en una nueva línea en nuestra base de datos) que es idéntico al anterior con la diferencia de que las cantidades n_{2t+1}^b y v_{2t+1}^b han aumentado debido a la entrada de la nueva orden. Así, tendremos $n_{2t+1}^b > n_{2t}^b$, $v_{2t+1}^b > v_{2t}^b$ y el resto permanecerá inalterado en $t+1$. Los nuevos datos de la línea que incluye la modificación se muestran a continuación.

LOB en $t+1$, después de la introducción de una nueva orden limitada de compra con $p = p_{2t}^b$.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{1t}^b	v_{1t}^b	p_{1t}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Segundo Nivel	n_{2t+1}^b	v_{2t+1}^b	p_{2t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Tercer Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Cuarto Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Quinto Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s

A veces puede pasar que observamos sólo un aumento en el volumen de las órdenes colocadas a un cierto precio pero no en el número de órdenes. Esto ocurre cuando no se introducen nuevas órdenes pero una parte de una orden de volumen oculto se hace visible en el libro. Cuando una nueva orden se emite a un precio existente, el único nivel afectado es el correspondiente a ese precio. En nuestro ejemplo, sólo el segundo nivel en el lado de la compra cambia. El resto de niveles, así como el lado de la venta al completo, permanecen inalterados.

2.3.1.2. Nueva orden a un nuevo precio

Supongamos que el LOB viene representado en la tabla 1 y que una nueva orden con un mejor precio es introducida en el lado de la compra. Esto significaría que la nueva orden tiene un precio $p_{1t+1}^b > p_{1t}^b$. En este caso, las celdas en el lado de la venta no cambian, mientras en el lado de la compra el precio del primer nivel (celda 3) en el momento $t+1$ es superior al que había en t . Además, las celdas relacionadas con las órdenes existentes al primer, segundo, tercero, cuarto y quinto nivel en el momento t se mueven

respectivamente al segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto (perdiendo por tanto las órdenes de vista) nivel en el momento $t+1$. Todos los precios observados en momento $t+1$ en el lado de la compra para cada nivel serían más altos que los que se observaron en momento t . Aparecería una nueva línea en el fichero con la siguiente información.

LOB en $t+1$, después de la introducción de una nueva orden limitada de compra con $p > p_{1t}^b$.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	1^l	v_{1t+1}^b	p_{1t+1}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Segundo Nivel	n_{1t}^b	v_{1t}^b	p_{1t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Tercer Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Cuarto Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Quinto Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s

Cambios similares ocurren cuando un agente introduce una orden de compra a un nuevo precio por debajo del precio más alto. Por ejemplo, si se introduce una nueva orden de compra a un precio $p_{2t+1}^b \in (p_{2t}^b, p_{1t}^b)$, la línea que veríamos en el fichero recogiendo la nueva orden reflejaría la siguiente información.

LOB en $t+1$, después de la introducción de una nueva orden limitada de compra con $p \in (p_{2t}^b, p_{1t}^b)$.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{1t}^b	v_{1t}^b	p_{1t}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Segundo Nivel	1^l	v_{2t+1}^b	p_{2t+1}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Tercer Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Cuarto Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Quinto Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s

En este caso el primer nivel permanece inalterado, un nuevo segundo nivel se crea y el resto de niveles previamente existentes pierden una posición (el que anteriormente era el quinto nivel desaparece, al igual que sucedía anteriormente). Cambios similares se aplican en el lado de la venta, con la única diferencia de que, en este lado del libro, se mejora el precio cuando se emite una orden con un precio menor.

2.3.1.3. Nueva orden residual tras una orden limitada por lo mejor

Una orden de mercado se ejecuta inmediatamente cuando el LOB no está vacío. A veces se emiten órdenes de mercado con un precio límite que especifica hasta que nivel de precio la orden de mercado puede ejecutarse, recibiendo el nombre de orden limitada por lo mejor. Por ejemplo, si una orden limitada por lo mejor de compra (venta) tiene el mismo precio que la orden existente en el primer nivel en el lado de la venta (compra) pero el volumen es mayor, la orden de mercado de compra (venta) se empareja con la orden limitada de venta (compra) y el volumen restante (la diferencia entre el volumen de la orden limitada por lo mejor y la orden limitada ya existente anteriormente) resultará en una orden limitada de compra (venta) al precio negociado.

Considere el LOB en momento t como el reflejado en la tabla 1. Supongamos que un comerciante introduce una orden limitada por lo mejor de venta con un precio igual al precio de la orden existente al primer nivel en el lado de la compra p_{1t}^b y volumen $v > v_{1t}^b$. Al ser el volumen de la orden limitada por lo mejor mayor que el de la orden limitada de compra, la parte restante del volumen se introducirá como una orden limitada en el primer nivel del lado de la venta en el instante $t+1$ con un precio $p_{1t+1}^s = p_{1t}^b$. Todas las órdenes existentes en el lado de la compra se moverán un nivel hacia arriba (apareciendo en el quinto nivel órdenes que no podíamos seguir anteriormente ya que se encontraban en el sexto nivel), mientras las órdenes existentes en el lado de la venta se moverán un nivel hacia abajo, perdiendo de vista las que se encontraban en el quinto nivel. La nueva situación ofrecería la información que se detalla a continuación.

LOB en $t + 1$, después de la introducción de una orden limitada por lo mejor de venta con $p=p_{1t}^b$ y $v>v_{1t}^b$.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	1	$v-v_{1t}^b$	p_{1t}^b
Segundo Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Tercer Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Cuarto Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Quinto Nivel	n_{5t+1}^b	v_{5t+1}^b	p_{5t+1}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s

Un análisis similar se podría realizar después de la introducción de una orden limitada por lo mejor de compra a un precio igual al precio de la orden limitada existente en el libro al mejor precio de venta y volumen v . Si el volumen (v) excede el del primer nivel del lado de la venta, una nuevo orden limitada será introducida en el mercado en el primer nivel en el lado de la compra en el instante de tiempo $t+1$ con volumen $v_{1t+1}^b=v-v_{1t}^s$ y precio $p_{1t+1}^b=p_{1t}^s$.

En el LOB observaríamos la entrada de una nueva orden de mercado en el lado de la compra con un precio mejor (despareciendo las que se encontraban en el quinto nivel de la compra) y una nueva orden aparecería en el quinto nivel en el lado de la venta que vendría de las órdenes que anteriormente no podíamos ver al haber ganado un nivel las que se encontraban a partir del segundo tras la desaparición del primer nivel.

LOB en momento $t + 1$, después de la introducción de una orden limitada por lo mejor para comprar con $p=p_{1t}^s$ y $v>v_{1t}^s$.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	1	$v-v_{1t}^s$	p_{1t}^s	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Segundo Nivel	n_{1t}^b	v_{1t}^b	p_{1t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Tercer Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Cuarto Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s
Quinto Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{5t+1}^s	v_{5t+1}^s	p_{5t+1}^s

Cuando el precio de la orden limitada por lo mejor es igual al que hay en el segundo nivel del otro lado del libro, la orden limitada por lo mejor limpia dos niveles si su

volumen es mayor que la suma de ambos, apareciendo la parte restante como una nueva orden limitada en el primer nivel del lado en que se ha introducido dicha orden. Suponga, por ejemplo, que una orden limitada por lo mejor de venta es introducida con un volumen $v > (v_{1t}^b + v_{2t}^b)$. En este caso, los primeros dos niveles en el lado de la compra son ejecutados y una nueva orden limitada de venta al precio que tenía la orden en el segundo nivel de la compra (p_{2t}^b) y con una cantidad $\Delta v = v - v_{1t}^b - v_{2t}^b$ es introducida en el lado de la venta.

LOB en $t + 1$, después de la introducción de una orden limitada por lo mejor de venta con $p = p_{2t}^b$ y $v > v_{1t}^b + v_{2t}^b$.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	1	$v - v_{1t}^b - v_{2t}^b$	p_{2t}^b
Segundo Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Tercer Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Cuarto Nivel	n_{4t+1}^b	v_{4t+1}^b	p_{4t+1}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Quinto Nivel	n_{5t+1}^b	v_{5t+1}^b	p_{5t+1}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s

Una evolución similar en el LOB se observa cuando un agente introduce una orden limitada por lo mejor de compra que limpia las órdenes existentes en los dos primeros niveles en el lado de la venta y con un volumen de la orden de mercado mayor que la suma del volumen de las órdenes de venta existentes en los dos primeros niveles. Además, cuando las órdenes limitadas por lo mejor limpian los primeros tres, cuatro o cinco niveles de un lado del libro, podemos utilizar ideas similares para exponer la situación final que encontraríamos.

Otro tipo de evento consiste en introducir una orden limitada por lo mejor con un precio incluido entre dos precios de niveles consecutivos del otro lado del libro. Supongamos que una orden limitada por lo mejor de venta es introducida a un precio $p \in (p_{2t}^b, p_{1t}^b)$. Esta orden es emparejada con órdenes del primer nivel en el lado de la compra, pero no con las órdenes del segundo nivel. La parte restante del volumen $\Delta v = v - v_{1t}^b$, si la

hubiera, es introducida en el primer nivel con un precio p en el lado de la venta como una nueva orden.

LOB en $t + 1$ después de la introducción de una orden limitada por lo mejor con un precio $p \in (p_{2t}^b, p_{1t}^b)$.

Activos	Compra				Venta	
Primer Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	a	$v - v_{1t}^b$	p
Segundo Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Tercer Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Cuarto Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Quinto Nivel	n_{5t+1}^b	v_{5t+1}^b	p_{5t+1}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s

Un análisis similar aplica cuando una orden limitada por lo mejor de compra es introducida a un precio $p \in (p_{1t}^s, p_{2t}^s)$, así como para las órdenes con precios que están entre dos precios de otros niveles en la otra parte del libro. Finalmente, si un agente introduce una orden limitada por lo mejor de venta a un precio $p > p_{5t}^b$ se emparejará con las órdenes existentes en los primeros 5 niveles en el lado de la compra y la parte restante se introducirá como una nueva orden limitada de venta con un precio p , y si un agente introduce una orden limitada por lo mejor de compra a un precio $p > p_{5t}^s$, se emparejará con órdenes existentes en los primeros 5 niveles en el lado de la venta y la parte restante será introducida como una nueva orden limitada de compra con precio p .

Es claro que, si bien podemos distinguir entre nuevas órdenes limitadas y órdenes limitadas por lo mejor, no podemos realizar esta distinción entre órdenes de mercado y órdenes limitadas por lo mejor que se ejecutan totalmente al llegar al mercado. Al ser imposible realizar esta distinción con la información de que disponemos, cuando una orden que llega al mercado se ejecuta completamente, supondremos siempre que se trata de una orden de mercado, razón por la cual no hemos expuesto en este apartado ninguna situación en que la orden limitada por lo mejor se ejecute en su totalidad.

2.3.2. Transacciones y Cancelaciones

Las transacciones y cancelaciones podrían tener un efecto similar¹ ya que conducen a la eliminación de algunas órdenes en el libro. Una transacción o cancelación puede influenciar total o parcialmente a un único nivel, o afectar a más de un nivel. Como hemos comentado previamente, la información contenida en el archivo MP no puede distinguir entre modificaciones inducidas por transacciones o cancelaciones.

Aquí vamos a tratar en detalle cómo el libro cambia debido a transacciones o cancelaciones parciales, completas o múltiples con el fin de utilizar posteriormente esta información para poder distinguir entre ambos eventos (cancelaciones y ejecuciones), algo fundamental en nuestro trabajo.

2.3.2.1. Transacción o cancelación parcial

Una transacción o cancelación parcial implica una reducción en el volumen y el número de órdenes de un nivel del LOB. Por ejemplo, si tenemos una cancelación o transacción parcial en el primer nivel del lado de la compra, observaremos que el numero de órdenes se reduce ($n_{1t+1}^b \leq n_{1t}^b$), así como el volumen ($v_{1t+1}^b \leq v_{1t}^b$). La estructura del libro de órdenes después de este evento es la siguiente.

LOB en $t + 1$ después de la cancelación o transacción parcial en el lado de la compra.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{1t+1}^b	v_{1t+1}^b	p_{1t}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Segundo Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Tercer Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Cuarto Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Quinto Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s

¹ Sólo si afectan exclusivamente al primer nivel, ya que la reducción del volumen de una orden o su eliminación en otros niveles sin desaparecer el primero es ya una señal clara de cancelación.

Un análisis similar se aplica si la reducción de número de órdenes y volumen ocurre en el lado de la venta o en otros niveles del libro de órdenes. Con la salvedad de que si la reducción de órdenes y volumen se produce en un nivel que no es el primero y este no ha sufrido ninguna modificación, sabremos que el evento que provoca el cambio en el LOB es una cancelación parcial. Por el contrario, como podemos ver por lo expuesto anteriormente, cuando la modificación se produce en el primer nivel, no podemos distinguir entre cancelación y ejecución y necesitaremos combinar esta información con la que podemos obtener de las otras bases de datos disponibles para poder discriminar.

2.3.2.2. Transacción o cancelación total

La transacción o cancelación total es definida como la desaparición de las órdenes en un nivel en un lado del libro. En este caso todos los niveles que se encontraban por debajo del cancelado(s) o ejecutado(s) ascienden un nivel en ese lado, mientras el otro lado del libro permanece inalterado.

Por ejemplo, observamos una cancelación o transacción total del primer nivel si todas las celdas del primer nivel desaparecen y las celdas del segundo, tercero, cuarto y quinto se mueven respectivamente al primero, segundo, tercero y cuarto nivel apareciendo además un nuevo quinto nivel que antes no era visible. La siguiente tabla muestra el LOB cuando una cancelación o transacción total ocurre en el primer nivel del lado de la venta.

LOB en $t + 1$ después de una cancelación o una transacción total del primer nivel en el lado de la venta.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{1t}^b	v_{1t}^b	p_{1t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Segundo Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Tercer Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Cuarto Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s
Quinto Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{5t+1}^s	v_{5t+1}^s	p_{5t+1}^s

Las cancelaciones o transacciones también pueden ocurrir en el segundo y niveles superiores, con efectos similares en el LOB: la fila correspondiente al nivel que se cancela desaparece y los niveles inferiores ganan una posición, con un cambio correspondiente de los otros niveles. Es claro que, al igual que en el caso de ejecuciones o cancelaciones parciales, si los que desaparecen son niveles inferiores permaneciendo el primero inalterado, indica claramente una cancelación. Por el contrario, si el primero también desaparece, no podemos discriminar hasta más adelante entre cancelación/ejecución.

2.3.2.3. Transacción o cancelación de más de un nivel

En ocasiones observamos eventos como la desaparición de las celdas relacionadas con más de un nivel. Por ejemplo, puede suceder que todas las órdenes que pertenecen al primer nivel y algunas órdenes que pertenecen al segundo nivel sean ejecutadas o canceladas. En este caso la situación observada es la siguiente.

LOB en $t + 1$ después de la cancelación o ejecución de más de un nivel.

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{1t+1}^b	v_{1t+1}^b	p_{2t}^b	n_{1t}^s	v_{1t}^s	p_{1t}^s
Segundo Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{2t}^s	v_{2t}^s	p_{2t}^s
Tercer Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Cuarto Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Quinto Nivel	n_{5t+1}^b	v_{5t+1}^b	p_{5t+1}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s

Nótese que en este caso el volumen de la transacción o cancelación viene dado por la diferencia entre el volumen total de las órdenes que previamente ocupaban el primer y segundo niveles en el instante t y el volumen total de las órdenes en el primer nivel en el instante $t + 1$:

$$\text{Volumen transaccionado o cancelado} = v_{1t}^b + v_{2t}^b - v_{1t+1}^b$$

El ejemplo anterior considera un evento en que el primer nivel ha sido completamente ejecutado o cancelado, y el segundo nivel fue ejecutado o cancelado parcialmente. Naturalmente, podemos tener situaciones en que los niveles múltiples sean completamente ejecutados o cancelados, así como eventos en que los niveles más allá del segundo se ven involucrados. Además, no es necesario que el primero siempre lo esté excepto cuando estemos hablando de ejecuciones. El tratamiento de estos eventos es similar al que hemos descrito antes. Por ejemplo, una cancelación o transacción de los primeros dos niveles en el lado de la venta causan un movimiento ascendente de dos niveles de las líneas del libro y las celdas en el otro lado del libro no cambian. La situación se describe en la siguiente tabla.

LOB en $t + 1$ después de la transacción o cancelación total de los dos primeros niveles del lado de la venta

Activos	Compra			Venta		
Primer Nivel	n_{1t}^b	v_{1t}^b	p_{1t}^b	n_{3t}^s	v_{3t}^s	p_{3t}^s
Segundo Nivel	n_{2t}^b	v_{2t}^b	p_{2t}^b	n_{4t}^s	v_{4t}^s	p_{4t}^s
Tercer Nivel	n_{3t}^b	v_{3t}^b	p_{3t}^b	n_{5t}^s	v_{5t}^s	p_{5t}^s
Cuarto Nivel	n_{4t}^b	v_{4t}^b	p_{4t}^b	n_{4t+1}^s	v_{4t+1}^s	p_{4t+1}^s
Quinto Nivel	n_{5t}^b	v_{5t}^b	p_{5t}^b	n_{5t+1}^s	v_{5t+1}^s	p_{5t+1}^s

De la clasificación que hemos hecho podemos construir dos listas: la primera está compuesta de todas las nuevas órdenes introducidas divididas por el lado del libro y definida por el volumen ($Volume_1$) de la orden, su precio ($Price_1$) y el instante de tiempo de introducción del orden ($Time_1$); la segunda viene definida por las cancelaciones o las transacciones definidas por el volumen ejecutado o cancelado ($Volume_2$), el precio de la(s) orden(es) ejecutada(s) o cancelada(s) ($Price_2$) y el instante de tiempo en que la cancelación o transacción tiene lugar ($Time_2$): ambas listas están divididas según el lado del libro.

Lista de las nuevas órdenes

$Volume_1$	$Price_1$	$Time_1$
------------	-----------	----------

Lista de las transacciones y cancelaciones

$Volume_2$	$Price_2$	$Time_2$
------------	-----------	----------

2.4. EL ARCHIVO SM

El archivo SM está compuesto del primer nivel en el lado de la compra y en el lado de la venta en términos de volumen y precio, una columna con el precio al que la última transacción ha ocurrido, otra columna con el volumen acumulado negociado en la sesión y el instante de tiempo en el que ha tenido lugar el cambio en el primer nivel del libro que se muestra.

En el instante t la información que se proporciona viene dada por:

Activo	1	2	3	4	5	6	7	8
	V_{OF}	P_{OF}	P_{DE}	V_{DE}	P_{UL}	V_{CUM}	V_T	Time

Las primeras cuatro celdas corresponden al primer nivel del libro: en las primeras dos hay el volumen (V_{OF}) y el precio (P_{OF}) de las órdenes del primer nivel en el lado de la compra, mientras en la tercera y la cuarta celda podemos encontrar el precio (P_{DE}) y el volumen (V_{DE}) de las órdenes del primer nivel en el lado de la venta. La quinta columna corresponde al precio de la última unidad que se ha intercambiado (P_{UL}), mientras la sexta corresponde al volumen acumulado negociado desde el principio de la sesión comercial (V_{CUM}).

Para calcular el número de acciones negociadas en cada periodo de tiempo evaluamos la diferencia entre el volumen acumulado en el instante de tiempo t y el volumen acumulado en el instante de tiempo $t-1$, denominándolo V_T . La última columna corresponde Al instante de tiempo en que el evento ocurre (Time).

Todas las modificaciones que ocurren en el primer nivel se graban y de su análisis es posible encontrar el evento que causa la modificación en el libro. El volumen acumulado negociado se graba, así como el precio al que la última transacción tiene lugar. Del análisis conjunto de este archivo con el anterior podemos clasificar todos los eventos que ocurren en los primeros cinco niveles.

2.4.1. La calasificación propuesta por Abad

Para clasificar los diferentes eventos comparamos una fila con la anterior del archivo SM. Para la ello programamos un algoritmo que sigue la metodología que Abad [1] propone en el apéndice de su tesis doctoral. Presentamos en esta sección un resumen de su descripción.

La idea es tomar la séptima columna (V_T , el volumen negociado en ese instante) y analizar el valor que asume:

- 0 corresponde a un cambio en el libro de órdenes no relacionado con una transacción. Por ejemplo, la colocación de una nueva orden o una cancelación.
- Un valor positivo corresponde al volumen de la transacción que ha ocurrido en el instante de tiempo t .

Más en detalle, la clasificación del evento depende de la comparación de dos filas del archivo SM como sigue.

$V_T=0$, lado de la compra.

- si $P_{OF(t)} < P_{OF(t-1)}$ → Una nueva orden entra en el primer nivel;
- si $P_{OF(t)} > P_{OF(t-1)}$ → La cancelación total del primer nivel;
- si $V_{OF(t)} > V_{OF(t-1)}$ → La colocación de una nueva orden al mejor precio;
- si $V_{OF(t)} < V_{OF(t-1)}$ → La cancelación parcial del primer nivel.

$V_T=0$, lado de la venta.

- si $P_{DE(t)} > P_{DE(t-1)}$ → Una nueva orden entra en el primer nivel;
- si $P_{DE(t)} < P_{DE(t-1)}$ → La cancelación total del primer nivel;
- si $V_{DE(t)} > V_{DE(t-1)}$ → La colocación de una nueva orden al mejor precio;
- si $V_{DE(t)} < V_{DE(t-1)}$ → La cancelación parcial del primer nivel.

$V_T > 0$, lado de la compra. Podemos distinguir dos casos.

- $P_{OF(t-1)} = P_{UL(t)}$. En este caso podemos proceder como sigue:
 - $P_{OF(t)} = P_{OF(t-1)} \rightarrow V_{T(t)} = V_{OF(t)} - V_{OF(t-1)} \rightarrow A1$
 - $P_{OF(t)} = P_{OF(t-1)} \rightarrow V_{T(t)} > V_{OF(t)} - V_{OF(t-1)} \rightarrow A2$
 - $P_{DE(t)} = P_{DE(t-1)} \rightarrow V_{T(t)} = V_{OF(t-1)} \rightarrow B1$
 - $P_{DE(t)} = P_{DE(t-1)} \rightarrow V_{T(t)} > V_{OF(t-1)} \rightarrow B2$
 - $P_{DE(t)} = P_{UL(t)} \rightarrow V_{T(t)} = V_{OF(t-1)} \rightarrow C1$
 - $P_{DE(t)} = P_{UL(t)} \rightarrow V_{T(t)} > V_{OF(t-1)} \rightarrow C2$
 - $P_{DE(t)} < P_{UL(t)} \rightarrow V_{T(t)} = V_{OF(t-1)} \rightarrow D1$
 - $P_{DE(t)} < P_{UL(t)} \rightarrow V_{T(t)} > V_{OF(t-1)} \rightarrow D2$
- $P_{OF(t)} > P_{UL(t-1)} \rightarrow P_{DE(t)} < P_{DE(t-1)} \rightarrow E$

$V_T > 0$, lado de la venta. Podemos distinguir dos casos.

- $P_{DE(t-1)} = P_{UL(t)}$. En este caso podemos proceder como sigue.
 - $P_{DE(t)} = P_{DE(t-1)} \rightarrow V_{T(t)} = V_{DE(t)} - V_{DE(t-1)} \rightarrow F1$
 - $P_{DE(t)} = P_{DE(t-1)} \rightarrow V_{T(t)} > V_{DE(t)} - V_{DE(t-1)} \rightarrow F2$
 - $P_{OF(t)} = P_{OF(t-1)} \rightarrow V_{T(t)} = V_{DE(t-1)} \rightarrow G1$
 - $P_{OF(t)} = P_{OF(t-1)} \rightarrow V_{T(t)} > V_{DE(t-1)} \rightarrow G2$
 - $P_{OF(t)} = P_{UL(t)} \rightarrow V_{T(t)} = V_{DE(t-1)} \rightarrow H1$
 - $P_{OF(t)} = P_{UL(t)} \rightarrow V_{T(t)} > V_{DE(t-1)} \rightarrow H2$
 - $P_{OF(t)} > P_{UL(t)} \rightarrow V_{T(t)} = V_{DE(t-1)} \rightarrow I1$
 - $P_{OF(t)} > P_{UL(t)} \rightarrow V_{T(t)} > V_{DE(t-1)} \rightarrow I2$
- $P_{UL(t)} > P_{DE(t-1)} \rightarrow P_{OF(t)} > P_{OF(t-1)} \rightarrow J$

Para cada caso definimos un evento etiquetado con referencias desde A1 hasta J, describiendo a continuación en más detalle cada uno de ellos.

A1 representa la introducción de una orden de mercado de venta con un volumen menor que el volumen del primer nivel ($V_{OF(t)} - V_{OF(t-1)}$ es el volumen de la orden de mercado) y un precio igual a $P_{OF(t-1)}$.

A2 representa la introducción de una orden de mercado de venta con un precio igual a $P_{OF(t-1)}$ y volumen igual a $V_{OF(t)} - V_{OF(t-1)}$ + órdenes de volumen oculto: en este caso observamos la presencia de órdenes de volumen oculto.

B1 representa la introducción de una orden de mercado de venta con un volumen igual a $V_{OF(t-1)}$ y precio $P_{OF(t-1)}$.

B2 representa la introducción de un orden de mercado de venta con un volumen igual a $V_{OF(t-1)}$ + órdenes de volumen oculto y un precio $P_{OF(t-1)}$: en este caso observamos la presencia de órdenes de volumen oculto.

C1 representa la introducción de una orden limitada por lo mejor de venta con un volumen mayor que $V_{OF(t-1)}$; el volumen restante ($V - V_{OF(t-1)}$) aparece como una nueva orden en el lado de la venta con un precio igual a $P_{UL(t)}$.

C2 representa la introducción de una orden limitada por lo mejor de venta con un volumen mayor que $V_{OF(t-1)}$; el volumen restante, $V - V_{OF(t-1)}$ + órdenes de volumen oculto, entra como una nueva orden en el lado de la venta con un precio igual a $P_{UL(t)}$: en este caso observamos la presencia de órdenes de volumen oculto.

D1 representa la introducción de una orden limitada por lo mejor de venta con un precio menor que el precio bid y volumen mayor que $V_{OF(t-1)}$; el volumen restante ($V - V_{OF(t-1)}$) se posiciona como una nueva orden en el lado de la venta y con un precio menor que el último precio negociado (la orden limitada limpia solo el primer nivel).

D2 representa la introducción de una orden limitada por lo mejor de venta con un precio menor que el precio bid y un volumen (V) mayor que $V_{OF(t-1)}$; el volumen restante ($(V - V_{OF(t-1)}) + \text{órdenes de volumen oculto}$) aparece como una nueva orden en el lado de la venta con un precio menor que el último precio negociado (la orden limitada limpia solo el primer nivel), en este caso observamos la presencia de órdenes de volumen oculto.

E representa la introducción de una orden limitada de venta con un precio menor que $P_{OF(t-1)}$ limpiando algunos niveles, pero el volumen es mayor, y la parte restante se introduce como una nueva orden en el lado de la venta.

F1 representa la introducción de una orden de mercado de compra con un volumen menor que el que hay en el primer nivel en el lado de la venta ($V_{DE(t-1)}$), ($V_{DE(t)} - V_{DE(t-1)}$, volumen de la orden de mercado) y un precio igual a $P_{DE(t-1)}$.

F2 representa la introducción de una orden de mercado de compra con un volumen igual a $((V_{DE(t)} - V_{DE(t-1)}) + \text{órdenes de volumen oculto})$ y un precio igual a $P_{DE(t-1)}$; en este caso observamos la presencia de órdenes de volumen oculto.

G1 representa la introducción de una orden de mercado de compra con un volumen igual a $V_{DE(t-1)}$ y un precio igual a $P_{DE(t-1)}$.

G2 representa la introducción de una orden de mercado de compra con un volumen igual a $(V_{DE(t-1)} + \text{órdenes de volumen oculto})$ y un precio igual a $P_{DE(t-1)}$, en este caso observamos la presencia de órdenes de volumen oculto.

H1 representa la introducción de una orden limitada por lo mejor de compra con un volumen mayor que $V_{DE(t-1)}$; el volumen restante $(V - V_{DE(t-1)})$ será introducida como una nueva orden en el lado de la compra con un precio $P_{OF(t)} = P_{UL(t)}$.

H2 representa la introducción de una orden limitada por lo mejor de compra con un volumen mayor que $V_{DE(t-1)}$; el volumen restante $((V - V_{DE(t-1)}) + \text{órdenes de volumen oculto})$ se colocará como una nueva orden en el lado de la compra con un precio $P_{OF(t)} = P_{UL(t)}$; en este caso observamos la presencia de órdenes de volumen oculto.

I1 representa la introducción de una orden limitada por lo mejor de compra con un precio mayor que el precio ask y un volumen mayor que $V_{DE(t-1)}$; el volumen restante $(V - V_{DE(t-1)})$ se pondrá como una nueva orden en el lado de la compra con un precio más alto que el último negociado (la orden limitada limpia solo el primer nivel).

I2 representa la introducción de una orden limitada por lo mejor de compra con el precio mayor que el precio ask y un volumen mayor que $V_{DE(t-1)}$; el volumen restante $((V - V_{DE(t-1)}) + \text{órdenes de volumen oculto})$ se pondrá como una nueva orden en el lado de la compra con un precio mayor que el último precio negociado (la orden limitada limpia sólo el primer nivel), en este caso observamos la presencia de órdenes de volumen oculto.

J representa la introducción de una orden limitada de compra con un precio mayor que $P_{DE(t-1)}$ limpiando algunos niveles pero con mayor volumen, quedando el volumen restante introducido como una nueva orden en el lado de la compra.

De esta manera podemos clasificar, gracias al algoritmo que explota la información del archivo SM, todos los eventos que ocurrieron en el primer nivel: cancelaciones, transacciones y colocación de nuevas órdenes. Con esta información estaremos en disposición de discriminar la lista de cancelaciones/ejecuciones de que disponíamos en cancelaciones y ejecuciones como se detalla más adelante.

2.5. EL ARCHIVO BASA

El archivo BASA contiene la información sobre las transacciones que ocurren durante la sesión comercial desagregadas por órdenes. Tenemos la información sobre el volumen (Vol), el precio (Price), el código para la sociedad de compra (Code B), el código para la sociedad de venta (Code S), la fecha de la compra (Date B), la fecha de la venta (Date S), el número de órdenes de la compra (NºB) y el número órdenes de venta (NºS), el instante de tiempo (Time) y la fecha (Date).

Activo	Vol	Price	Code B	Code S	Date B	Date S	NºB	NºS	Time	Date
--------	-----	-------	--------	--------	--------	--------	-----	-----	------	------

La desventaja de este archivo consiste es que no proporciona información sobre el lado del mercado (compra o venta) en que las transacciones se originan. Para solventar este problema, usamos los archivos SM y BASA conjuntamente creando un algoritmo que nos permite determinar rigurosamente el signo de cada negociación y construir una base de datos compuesta de las transacciones que ocurrieron en cada lado del libro.

De este archivo trabajamos con tres columnas que extraemos de las disponibles: la primera es el volumen de la orden, la segunda el precio y la última el instante de tiempo en que la transacción ocurre.

BASA: Lista de transacciones	Volume ₄	Price ₄	Time ₄
------------------------------	---------------------	--------------------	-------------------

2.6. EL ALGORITMO

Antes de calcular los tiempos de ejecución de las nuevas órdenes introducidas estamos interesados en descubrir el signo de las transacciones contenidas en BASA.

Por consiguiente, después de haber clasificado el archivo SM tenemos en cuenta sólo las transacciones² y la información sobre su volumen, su precio y el instante de tiempo en que suceden. Usando esta información y el archivo BASA podemos emparejar, en principio, el tiempo de las dos bases de datos. Cuando coincide, es necesario que el precio también coincida y la suma del volumen de las transacciones desagregadas debe ser igual al volumen acumulado de las transacciones que constan en el archivo SM, de esta manera obtenemos la lista de las transacciones divididas según el lado del libro.

Más en detalle, el primer paso consiste en verificar si $Time_3 = Time_4$; si esta igualdad se cumple es necesario chequear (segundo paso) que $Price_3 = Price_4$ y, por último, comprobar si la suma del Volume₄ de las transacciones que constan en el archivo BASA es igual al Volume₃ ($\sum Volume_4 = Volume_3$; la suma del volumen de todas las transacciones que ocurren en el mismo momento). Si todo lo anterior se satisface, entonces el lado de la lista SM indica donde ha ocurrido (compra o venta) la transacción.

² El archivo MP proporciona más información sobre las nuevas órdenes introducidas.

SM: Lista de las transacciones	Volume ₃	Price ₃	Time ₃	Side
	↓ 3°	↓ 2°	↓ 1°	
BASA: Lista de las transacciones	Volume ₄	Price ₄	Time ₄	

¿Qué ocurre si $Time_3 = Time_4$ pero $Price_3 \neq Price_4$? $Price_3$ representa el último precio negociado en instante dado de tiempo, por ello, cuando exista coincidencia entre $Time_3$ y $Time_4$ tenemos que verificar si el último precio negociado es $Price_3 = Price_4$ y si la suma del volumen de las transacciones que ocurrieron en este instante de tiempo es igual a $Volume_3$. Es decir, no todas las transacciones que ocurrieron en el mismo instante han de tener el mismo precio: un ejemplo es una orden de mercado de gran tamaño que limpia más de un nivel.

Ahora debemos encontrar las cancelaciones en los primeros cinco niveles del libro. Para descubrirlas necesitamos identificar cuáles son las transacciones y las cancelaciones de la lista resultante del archivo MP emparejándolas con la lista de las transacciones que resultan del archivo SM. Ambas listas se encuentran divididas según el lado del libro y contienen el volumen, el precio y el instante de tiempo. Emparejando las dos listas según el tiempo, el precio y el volumen podemos distinguir entre cancelaciones y transacciones, obteniendo dos listas: una con las cancelaciones y otra con las transacciones.

MP: Lista de las transacciones y cancelaciones	Volume ₂	Price ₂	Time ₂
	↓ 3°	↓ 2°	↓ 1°
SM: Lista de las transacciones	Volume ₃	Price ₃	Time ₃

Si $Time_2 = Time_3$ y $Price_2 = Price_3$ y $Volume_2 = Volume_3$ entonces es una transacción, de otra forma es una cancelación. Después de haber asignado un indicador diferente a las

cancelaciones y a las transacciones³ para poder distinguirlas, las reunimos de nuevo. Resumiendo, tenemos dos listas:

- una lista con las nuevas órdenes introducidas: las órdenes vienen definidas por el volumen, el precio y el instante de tiempo de la introducción;

Lista de nuevas ordenes

Volume ₁	Price ₁	Time ₁
---------------------	--------------------	-------------------

- una lista de las transacciones y cancelaciones: definidas por el volumen, el precio, el instante de tiempo en que ocurren los eventos y el tipo (transacciones o cancelaciones).

Lista de las transacciones y cancelaciones

Volume ₁	Price ₁	Time ₁	Indicador
---------------------	--------------------	-------------------	-----------

El objetivo es ahora determinar el tiempo de ejecución de las órdenes introducidas según el precio y el volumen de la orden y teniendo en cuenta la regla de prioridad de precio. El tiempo de introducción de la orden tiene que ser anterior al tiempo de la ejecución y las órdenes introducidas antes al mismo precio tienen prioridad en el momento de la ejecución. Por ejemplo, en el caso de la introducción de una orden al mismo precio que algunas órdenes ya existentes en el libro, esta orden sería la última en ser ejecutada a este precio.

Más en detalle, si tenemos una transacción con un precio igual a Price₁, y nos encontramos en un momento posterior a Time₁ (las órdenes introducidas antes al mismo precio tienen que ser ejecutadas antes) el volumen se completará parcial o completamente con las órdenes introducidas en el libro a ese precio y tendremos un emparejamiento. Si la orden se ejecuta completamente obtenemos el tiempo de

³ Será una nueva variable binaria que incorporamos.

ejecución, en otro caso la orden ha sido parcialmente ejecutada y tendremos el tiempo de la primera ejecución (o posteriores), pero es necesario seguir hasta que la orden sea ejecutada completamente, obteniendo así el tiempo de ejecución. Las órdenes que van más allá del quinto nivel no pueden ser controladas, por esta razón les asignamos un tiempo igual al último instante en que las hemos observado y desde el punto de vista del análisis estadístico las consideramos como expiraciones.

Si no tenemos ningún emparejamiento la orden expirará al final de la sesión comercial⁴. Es importante recordar que la lista de transacciones también contiene cancelaciones. Así, si una cancelación se empareja con una orden obtenemos una orden cancelada y podemos computar su tiempo de cancelación⁵.

Base de datos de las órdenes limitadas

Volume	Price	Time of placement	Final Time	Indicador salida
--------	-------	-------------------	------------	------------------

Cada orden está definida por el volumen, el precio, el tiempo de colocación de la orden y el tiempo final (de ejecución, cancelación y expiración o salida del libro); para computar la duración de una orden es necesario convertir ambos instantes en segundos y calcular la diferencia entre el tiempo final y el tiempo de la emisión de la orden.

No todas las nuevas órdenes serán ejecutadas o canceladas; como ya hemos reflejado anteriormente, hay órdenes que salen fuera del quinto nivel (dejan de ser observables en

⁴ Excepto cuando perdemos de vista la orden en algún momento (es decir, se va más allá del quinto nivel), en ese caso la consideramos como una orden no cancelada ni ejecutada con un tiempo de duración que se mide como la diferencia entre el momento en el que sale del libro que manejamos y el momento en que se ha introducido.

⁵ En el caso de las cancelaciones no podemos seguir la regla de prioridad porque la decisión de cancelar es tomada sólo por el agente que ha introducido el orden. Por tanto, si hay distintas órdenes con el mismo tamaño y el mismo precio y una de ellas se cancela, no podemos saber cuál de ellas es la que se está cancelando, por lo que eliminamos todas estas órdenes de la base de datos. Es algo poco común y anómalo.

nuestra base de datos) y otras que llegan al final del día sin haberse cancelado o ejecutado.

Por tanto, en la columna de tiempo final constará el tiempo en que la orden se ha ejecutado, cancelado, salido del libro o, en el caso la orden expira sin ejecutarse, por convención, tomaremos el tiempo de cierre de la sesión comercial⁶.

En la última columna se indica si la orden considerada se ejecuta, se cancela o expira (al final del día o al desaparecer más allá del quinto nivel) y de esta manera podemos clasificar la observación como censurada o no censurada dependiendo del análisis que estemos considerando.

2.7. EL RESULTADO DEL ALGORITMO

En esta sección podemos resumir el resultado del algoritmo, la base de datos de órdenes limitadas y los pasos necesarios a seguir para obtenerla. Después de haber aplicado el algoritmo obtenemos una base de datos compuesta de cinco columnas: la primera representa el volumen de la nueva orden introducida, la segunda su precio, la tercera el tiempo de la colocación, la cuarta el tiempo de ejecución, cancelación o expiración y la última el tipo de evento que ha ocurrido: si es una ejecución asume un valor igual a 1, si es una cancelación su valor es igual a 2 y, finalmente, si es una expiración asume un valor igual a 3.

Base de datos de órdenes limitadas

Volume	Price	Time of placement	Final Time	Type of exit	1 si es una ejecución 2 si es una cancelación 3 si es una expiración
--------	-------	-------------------	------------	--------------	----------------------------------------------------------------------------

⁶ Cho y Nelling [2] calculan el tiempo de expiración de la misma manera.

Podemos visualizar los diferentes pasos del algoritmo. El primer paso es encontrar las nuevas órdenes

	Primer Paso
MP	→ Lista de las nuevos órdenes introducidas
SM	→ Lista de transacciones y cancelaciones
BASA	

El segundo paso consiste en emparejar las nuevas órdenes con las transacciones y cancelaciones disponibles:

	Segundo Paso	
Nuevas Órdenes→	Lista de transacciones y cancelaciones →	Base de datos de órdenes limitadas

Proponemos a continuación algunos ejemplos de la aplicación del algoritmo y su resultado. En todos ellos tomamos el activo BBVA y nos referimos al día 3 de julio del 2000.

Ejemplo 1. Del archivo MP podemos encontrar una nueva orden introducida en el instante de tiempo 11:44:10 definida por un volumen de 1000 acciones a un precio de 15.67 al primer nivel en el lado de la compra. En la lista de transacciones y cancelaciones podemos encontrar una transacción con el mismo volumen y precio que ocurre después de la colocación. Verificamos la prioridad de esta orden con respecto a las que tiene el mismo precio y podemos afirmar que es la primera orden que debe ser ejecutada, así estamos seguros que esta orden se ejecuta en el instante de tiempo de la transacción (11:44:19).

Volume	Price	Time-placement	Time-execution	Type
1000	15.67	11:44:10	11:44:19	1

Ejemplo 2. En el mismo día y para el mismo activo, observamos ahora la introducción de una nueva orden en el primer nivel en el lado de la compra en el instante de tiempo 11:24:55 con un volumen de 1447 acciones a un precio de 15.65. Después la orden se mueve al segundo nivel a causa de la entrada de una nueva orden con un mejor precio. Mirando a la lista de transacciones y cancelaciones encontramos una cancelación con las mismas características en el instante de tiempo 11:28:21, esto significa que el agente decide cancelar la orden después de su movimiento al segundo nivel del libro.

Volume	Price	Time-placement	Time-execution	Type
1447	15.65	11:24:55	11:28:21	2

Ejemplo 3. Finalmente, podemos apreciar la entrada de una nueva orden en el cuarto nivel en el lado de la venta, es una orden con el mismo precio que las ya existentes en el cuarto nivel. Tiene un volumen de 247 acciones con un precio de 15.70 y aparece en el instante de tiempo 15:36:44. No podemos encontrar una transacción o una cancelación que se case con ella debido a la regla de prioridad de precio. Tiene muchas acciones con prioridad en la ejecución. Así que es una orden que expira y, dado que nunca va más allá del quinto nivel y podemos controlar siempre las órdenes que han sido emitidas a ese precio, lo hace al final del día.

Volume	Price	Time-placement	Time-execution	Type
247	15.70	15:36:44	0 (17:30:00)	3

REFERENCIAS

- [1] Abad, D. (2003), 'Aspectos relevantes del diseño microestructural del mercado: el caso español', Tesis Doctoral, Universidad de Alicante.

- [2] Cho, J. W., Nelling, E. (2000) 'The Probability of Limit Order Execution', *Financial Analysts Journal* 56: 28-33.

CAPÍTULO 3

LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN DE LAS ÓRDENES LIMITADAS EN LA BOLSA DE VALORES ESPAÑOLA

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar empíricamente los factores que influyen en el tiempo de ejecución de las órdenes limitadas en la Bolsa de valores española. Nuestra base de datos incluye las órdenes y transacciones de los activos que pertenecen al IBEX 35 en el período entre julio y septiembre del año 2000. Además, dividimos los activos en tres muestras según su nivel de actividad en el mercado, y utilizamos un modelo econométrico basado en el análisis de supervivencia para analizar el efecto de variables como la horquilla entre los mejores precios de compra y de venta, la agresividad del precio, la volatilidad del activo y la profundidad del libro de órdenes. Se aprecia que las órdenes limitadas introducidas con un precio que mejora o iguala los existentes tienen un tiempo esperado de ejecución más corto. También el tiempo se reduce cuando el

valor es más volátil y activo. El tiempo de ejecución es más corto al principio y al final de la sesión diaria, aunque este resultado depende del grupo de activos considerados, y es más largo cuando la horquilla relativa del mejor precio de compra y de venta se ve ampliada. Si el agente tiene en cuenta el tipo de la última orden introducida antes de emitir la suya se puede observar que si la orden anterior fuera una orden de mercado en el lado opuesto (mismo) del libro entonces el tiempo esperado de ejecución de la nueva orden limitada sería más corto (más largo), mientras que si la última orden fuera una orden limitada en el mismo (opuesto) lado del libro entonces es más largo (más corto). Finalmente, estudiamos el efecto de las variables explicativas sobre el tiempo esperado de ejecución en diferentes períodos de la sesión diaria con el fin de comprobar la robustez de los efectos obtenidos anteriormente así como para detectar patrones de intensidad en los efectos a lo largo del desarrollo de la sesión.

3.1. INTRODUCCIÓN

En muchos mercados los agentes pueden introducir órdenes de mercado u órdenes limitadas cuando quieren comprar y/o vender acciones. Los dos tipos de órdenes tienden a jugar un papel diferente en lo que respecta a la liquidez del mercado. Según Biais et al. [7] las órdenes limitadas ofrecen liquidez cuando es escasa, mientras los órdenes de mercado la consumen cuando es abundante. Más en general, el principal trade-off parece ser el binomio tiempo de ejecución-precio. Las órdenes de mercado se ejecutan inmediatamente y, por ello, pueden ejecutarse más rápidamente que las órdenes limitadas, aunque el precio de ejercicio es desconocido. Por su parte, las órdenes limitadas permiten al agente obtener un buen precio, mientras que la ejecución de la orden y el momento en que tendrá lugar son inciertos. De hecho, Cohen, Maier et al.

[11] muestran que si un inversor decide negociar vía orden limitada, su riqueza esperada al final del período es una función creciente de la probabilidad de ejecución de la orden, que a su vez es una función decreciente del tiempo de ejecución. Un problema importante al decidir entre introducir una orden limitada o una orden de mercado es la velocidad a que una orden limitada puede ejecutarse. Por ello, el arrojar algo de luz sobre la relación de la espera hasta la ejecución con determinadas variables parece de interés desde el punto de vista de la microestructura de mercados.

Este capítulo estudia empíricamente los determinantes del tiempo esperado de ejecución de una orden limitada en la Bolsa de valores española (SSE). Nuestro objetivo es analizar cómo las variables que observamos en el mercado y las de la propia orden influyen en el tiempo de ejecución en un entorno donde la tecnología que procesa la información progresa rápidamente, y la información sobre el mercado se encuentra disponible en tiempo real. También estamos interesados en averiguar si el efecto de las variables en el tiempo de ejecución cambia dependiendo de las características del activo o del momento de la sesión en que nos encontremos.

Este tipo de investigación no se ha desarrollado hasta ahora en el SSE debido a la falta de una base de datos de órdenes limitadas apropiada. Construimos la base de datos a partir del libro de órdenes y la lista de transacciones aplicando algunos algoritmos que explotan las interrelaciones existentes entre ellos. Sin embargo, la base de datos de la que disponemos, sólo recoge los 5 primeros niveles del libro de órdenes, por lo que los resultados obtenidos están sesgados por este hecho. No obstante, los resultados representan el primer intento por estudiar la duración de una orden en el SSE, las variables que afectan el tiempo de la ejecución, y cómo el mercado español funciona comparado con otros mercados que ya han sido analizados previamente en la literatura. Otra novedad que ofrece este capítulo es la consideración de una nueva variable

cuantitativa para recoger la agresividad en precio de la orden, que será una variable explicativa de su duración. Es una definición alternativa a la de tipo cualitativo introducida por el Biais et al [7].

El mercado español, conocido por las siglas SIBE, es un mercado dirigido por órdenes con proveedores de liquidez (especialistas) para algunos valores. Una sola plataforma de negociación une las cuatro bolsas de valores españolas (Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia), asegurando un solo mercado para cada acción. El mercado proporciona información en tiempo real en sus pantallas con el fin de garantizar la transparencia.

La base de datos proporciona información sobre las cinco mejores ofertas de compra y de venta en el libro para cada acción en cada momento, y las transacciones que ocurren.

La base de datos incluye los activos que pertenecen al índice IBEX 35 (que incluye las acciones con más alto volumen comercial) en el período entre julio y septiembre del año 2000. Además, dividimos los activos en tres muestras según su nivel de actividad comercial tratando de analizar la robustez y posibles tendencias en los efectos a lo largo de la sesión. Estimamos modelos separados para la compra y la venta de cada acción o de cada submuestra considerada.

El modelo econométrico con el que analizaremos el comportamiento del tiempo de ejecución está basado en el análisis de supervivencia. Esta técnica estadística es apropiada para el estudio de la duración de la orden, dado que los tiempos de ejecución de las órdenes limitadas pueden interpretarse como tiempos de fallo (son no negativos, aleatorios y temporalmente ordenados). Estimaremos la distribución condicional de los tiempos de ejecución de la orden limitada como una función de variables económicas como son el precio especificado, el tamaño de la orden y ciertas condiciones del mercado en el momento de emisión de la orden. El análisis de supervivencia puede acomodar las observaciones censuradas (órdenes limitadas que expiraron o se

cancelaron antes de la ejecución), un rasgo importante de los tiempos de ejecución de las órdenes limitadas. Aunque esta técnica se ha usado antes (Lo, McKinlay y Zhang [25] y Suhaibani y Kryzanowsky [2]), no somos conscientes de otras aplicaciones a la bolsa de valores española, además de que el presente estudio considera nuevas variables en el análisis que nos parecen sumamente importantes e intuitivas.

El resto del capítulo se ha organizado como sigue. La sección 2 contiene una revisión breve de la literatura. En la sección 3 explicamos las hipótesis a contrastar. En la sección 4 describimos las características institucionales de la bolsa de valores española y nuestros datos. La sección 5 define las variables incluidas en el modelo, mientras las secciones 6 y 7 presentan estadísticos descriptivos y las principales características del mercado español. En la sección 8 introducimos las principales características de las técnicas econométricas usadas en el análisis y presentamos el modelo que queremos estimar. Los resultados empíricos aparecen en la sección 9 para que, finalmente, la sección 10 presente las conclusiones.

3.2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La transparencia antes de la negociación se define por Madhavan [27] como “the wide dissemination of current bid and ask quotations, depths, and possibly also information about limit orders away from the best prices, as well as other pertinent trade related information such as the existence of large order imbalance”. En un mercado transparente todas las variables mencionadas arriba son conocidas por los agentes y, por consiguiente, pueden influir en su decisión sobre si introducir una orden limitada o no, así como el precio al cual introducir dicha orden. Además, parece intuitivo que también

deberían tener un impacto en el tiempo de ejecución de las órdenes que lleguen al mercado en cada momento.

Glosten [17] proporciona un análisis de un libro de órdenes electrónico ideal. El análisis sugiere que un libro de órdenes electrónico favorece la competencia entre intercambios anónimos. Después de presentar un modelo general de conducta del inversor, el artículo comenta algunas características sobre el equilibrio en un mercado electrónico cuando hay muchos oferentes de órdenes limitadas. Más en detalle, si hay una gran población de potenciales proveedores de liquidez y el coste real de ejecutar un intercambio es pequeño, entonces, en mercados bursátiles que operan continuamente y anónimamente, el intercambio electrónico es el único que no tiende a engendrar intercambios competitivos adicionales.

La decisión sobre órdenes limitadas se ha analizado teóricamente por Parlour [30]. En su trabajo, desarrolla un modelo teórico para un libro de órdenes limitadas totalmente transparente con información simétrica. Asume que las órdenes limitadas tienen un solo precio especificado y que la prioridad de tiempo se cumple estrictamente. La paciencia del agente y el estado del libro de órdenes afecta la estrategia de colocación de la orden, y la probabilidad de ejecutar una orden limitada depende de la colocación de la orden en el libro de órdenes. Parlour observa que la llegada de una orden limitada de compra (venta) alarga la cola en el lado de la compra (venta) del libro. Esto reduce el atractivo de emitir nuevas órdenes limitadas adicionales del mismo tipo. Por consiguiente, la probabilidad de observar una orden limitada en un lado del libro dado es inversamente (directamente) proporcional a la profundidad en el mismo (opuesto) lado del libro.

Foucault et al. [16] presentan un modelo donde el libro de órdenes limitadas representa un mercado para la provisión y el consumo de liquidez y estudian la estrategia óptima de emisión de órdenes para los agentes que desean liquidez, quienes hacen frente a un

coste de espera. Consideran el tiempo de espera medio de los agentes que negocian órdenes limitadas como una variable endógena y muestran que el tiempo medio de ejecución (**de las órdenes limitadas**) depende del tamaño del tick, la proporción de llegada de órdenes y la proporción de agentes pacientes relativa a la proporción de agentes impacientes.

Angel [5] desarrolla una expresión analítica para la probabilidad condicional de ejecución de órdenes limitadas dónde el elemento condicional es el conjunto de información del inversionista. Aplica estos resultados en un ejercicio de batch-trading con comerciantes informados que conocen el libro de orden completo. En este contexto ejecuta algunas simulaciones en ambientes de negociación continuos.

Hollifield, Miller y Sandas [22] construyen un modelo estructural para un mercado dirigido por órdenes puro donde analizan las estrategias de colocación de órdenes. Agentes lanzan órdenes de mercado y limitadas al libro de órdenes, teniendo en cuenta el trade-off entre el precio de emisión y la probabilidad de ejecución, así como el riesgo de la maldición del ganador relacionada con las diferentes elecciones sobre la orden. Su estrategia óptima de emisión de órdenes se caracteriza por una función monótona que describe la demanda de liquidez de los inversionistas en función de las probabilidades subjetivas de ejecución. Estiman su modelo no paramétricamente y derivan las implicaciones para las estrategias de introducción de órdenes de los agentes. Como vemos, este análisis no entra en la importancia que el tiempo de ejecución representa para el agente, ya que sólo considera la probabilidad de ejecución.

Varios artículos han analizado el problema desde punto de vista empírico. Lo, McKinlay y Zhang [25] desarrollan un modelo econométrico para analizar los tiempo de ejecución de las órdenes limitadas usando el análisis de supervivencia, y lo estiman con datos de órdenes limitadas reales de una empresa de corretaje especializada en el

comercio electrónico. Ellos encuentran que los tiempos de ejecución son muy sensibles al precio especificado y otras variables explicativas como la volatilidad del mercado, la horquilla y el tamaño de la orden limitada.

Al-Suhaibani y Kryzanowsky [2] estudian la microestructura de la Bolsa de valores Saudita y analizan los patrones de comportamiento en el libro de órdenes, la dinámica del flujo de órdenes, el tiempo de ejecución y la probabilidad de ejecutar las órdenes limitadas. Observan que la liquidez, comúnmente medida por la anchura (horquilla) y la profundidad, es relativamente baja en este mercado pero es excepcionalmente alta cuando se mide por la **inmediatez**¹. Además, descubren que las órdenes limitadas con un precio razonablemente cerca de la horquilla de los mejores precios tienen, por término medio, un tiempo de ejecución más corto así como una alta probabilidad de ejecución.

Cho y Nelling [10] estudian la probabilidad de ejecución de la orden limitada y el beneficio esperado de las órdenes limitadas para una muestra de activos negociados en el NYSE. Sus resultados indican que cuanto más tiempo una orden limitada está en el mercado, menor es la probabilidad de que sea ejecutada. La probabilidad de ejecución es más alta para las órdenes de venta que para las órdenes de compra, disminuye cuando el precio especificado está lejos de los mejores precios, para transacciones de grande tamaño, cuando la horquilla es ancha y en períodos de alta volatilidad en el precio.

Biais et al. [7] analizan la París Bourse como un ejemplo de un mercado de órdenes limitadas centralizado e informatizado particularmente apropiado para estudiar la interacción entre el libro de órdenes y el flujo de órdenes. Se centran en los rasgos institucionales del mercado: la existencia de un libro de órdenes, la entrada en vigor estricta de reglas de prioridad y el tratamiento de las órdenes de mercado.

Recientemente, la investigación en el mercado español se ha centrado en estimar el coste de liquidez ex ante en el libro de órdenes (Martínez et al [28]), las consecuencias de la existencia de ticks para las diferentes variables de mercado como precio de compra, de venta, profundidad, etc. (Abad y Tapia [4]), el comportamiento de órdenes ocultas (Pardo y Pascual [31]) y la importancia de diferentes partes del libro de órdenes al caracterizar la agresividad de la orden y la distribución en el tiempo de transacciones, introducciones de órdenes y cancelaciones (Pascual et Veredas [32]).

En nuestro análisis consideramos activos que pertenecen al IBEX 35, el índice de los activos mas negociados en la bolsa de valores española. Estudiamos el efecto de variables como la horquilla, la agresividad del precio, la volatilidad del activo etc. en la velocidad de ejecución de la orden limitada. Nuestros resultados apuntan a que las órdenes limitadas con precio dentro de la horquilla o al mejor precio tienen un tiempo esperado ejecución más corto; el tiempo esperado de ejecución es también más corto cuando el valor es más volátil y activo. Además, el momento de introducción de la orden también afecta a su duración, aunque de manera diferente según el grupo de actividad al que pertenezca el activo considerado. También estamos interesados en averiguar el efecto de la última orden introducida en el tiempo esperado de ejecución de la nueva orden y observamos que si la última orden introducida es una orden de mercado en el lado opuesto (mismo) del libro, entonces el tiempo esperado de ejecución de una nueva orden es más corto (más largo). Si la última orden introducida es una orden limitada en el mismo (opuesto) lado del libro entonces el tiempo esperado de ejecución es más largo (más corto). Por último, analizamos los efectos dependiendo del momento del día, confirmando que si bien la dirección de los efectos es la misma, la magnitud de los mismos puede variar a lo largo de la sesión.

¹ Inmediatez se refiere a cuan rápidamente las transacciones de un determinado tamaño pueden ser

3.3. HIPÓTESIS A CONTRASTAR EN EL ESTUDIO

En esta sección vamos a discutir algunas hipótesis a ser contrastadas en el análisis empírico.

Según Al-Suhaibani et al [2], cuando la horquilla se ensancha los agentes pierden incentivos para emitir órdenes de mercado ya que los costes de transacción se han elevado. Por consiguiente, el tiempo esperado de ejecución será más largo, dado que hay menos órdenes de mercado disponibles. Elull et al. [14] apoyan este argumento, cuando la horquilla es más ancha la introducción de las órdenes de mercado es menos probable y, por consiguiente, la probabilidad de ejecución de las órdenes limitadas ya presentes en el mercado disminuye y el tiempo esperado de ejecución aumenta.

HIPÓTESIS 1: La horquilla relativa de los mejores precios se relaciona positivamente con el tiempo esperado de ejecución.

Demsetz [13] muestra que órdenes limitadas más agresivas serán introducidas para acortar el tiempo esperado de ejecución. Esta idea se apoya empíricamente en el artículo de Al-Suhaibani y Kryzanowsky [2] mientras que Cho y Nelling [10] encuentran el efecto contrario.

HIPÓTESIS 2: La agresividad del precio de los órdenes limitadas afecta negativamente el tiempo esperado de ejecución.

Según Lo et al. [25] y Cho y Nelling [10] cuando el mercado es más activo y volátil, se ejecutan las transacciones más rápidamente.

HIPÓTESIS 3: La volatilidad del mercado afecta negativamente el tiempo esperado de ejecución de nuevas órdenes limitadas.

Lo et al. [25] y Al-Suhaibani y Kryzanowsky [2] muestran que hay una relación positiva entre el número de acciones que tienen prioridad en la ejecución y el tiempo esperado de ejecución. Parlour [30] predice que cuando el número de acciones en la cola para la ejecución aumenta la probabilidad de ejecución de nuevas órdenes limitadas disminuye.

HIPÓTESIS 4: Cuando el número de acciones que tienen prioridad en la ejecución aumenta el tiempo esperado de ejecución aumenta.

Según Lo et al. [25], Al-Suhaibani y Kryzawsky [2] y Foucault et al. [16] si el nivel de actividad en el mercado aumenta, la probabilidad de ejecución aumenta y el tiempo de ejecución es más corto. Habrá más agentes en el mercado, así la probabilidad de encontrar una contraparte para la operación aumenta.

HIPÓTESIS 5: Si el nivel de actividad en el mercado aumenta el tiempo esperado de ejecución disminuye.

El porcentaje de órdenes ejecutados en un lado del libro una hora antes de la emisión de la nueva orden indica el nivel de actividad en este lado del libro y la probabilidad de

ejecución de una orden limitada en este lado del libro. Si este porcentaje aumenta la probabilidad de ejecución aumenta y el tiempo esperado de ejecución disminuye.

HIPÓTESIS 6: Si el porcentaje de órdenes limitadas ejecutado en un lado del libro aumenta, el tiempo esperado de ejecución de la orden limitada introducida en el mismo lado del libro disminuye.

Según Cho y Nelling [10], Lo et al [25] y Al-Suhaibani y Kryzanowsky [2] hay una relación positiva entre el tamaño de la orden y el tiempo esperado de ejecución, sugiriendo que órdenes de gran tamaño emplean mucho más tiempo en ser completamente ejecutadas. Al-Suhaibani y Kryzanowsky [2] puntualizan que este resultado depende del lado del libro considerado.

HIPÓTESIS 7: Si el volumen de la orden es más grande entonces el tiempo esperado de ejecución es más largo.

Estamos además interesados en estudiar la relación (si existe) entre el día de la semana en que se introduce la orden y su duración.

HIPÓTESIS 8: El día de la semana en que la orden limitada se introduce afecta el tiempo esperado de ejecución.

Gracias a la literatura existente, es claro que un gran número de órdenes son introducidas y ejecutadas al principio y al final de la sesión diaria, así como que esperamos un tiempo de ejecución más corto en estos períodos del día. Según Biais et

al. [7], al principio de la sesión los agentes introducen con una probabilidad mas alta órdenes limitadas que órdenes de mercado porque serán más probablemente ejecutadas. Al final de la sesión podría haber más transacciones igualmente ya que los agentes menos pacientes empiezan a ajustar sus precios dado que el fin de la sesión se acerca para empujar a otros agentes a ejecutar contra ellos (Niemeyer y Sandas, [29]).

HIPÓTESIS 9: El tiempo del día en que la orden se introduce afecta a su duración esperada. Las órdenes limitadas introducidas al principio y al final de la sesión tienen un tiempo esperado de ejecución más corto.

Biais et al [7] definen el *efecto diagonal* que apunta a que la probabilidad de que un tipo dado de orden o transacción ocurra es mayor precisamente después de que ese evento ha ocurrido. Hay algunas posibles explicaciones para este efecto. Primero, la sucesión de tipos idénticos de órdenes podría reflejar el fraccionamiento estratégico de las órdenes². Segundo, los diferentes agentes podrían estar imitándose; la imitación surge cuando se sabe que algunos agentes del mercado están informados, por lo que el resto los imitan. Otra posibilidad es que los agentes reaccionan de forma similar, aunque secuencialmente, al mismo evento. En nuestro contexto, si el último orden introducido antes de la colocación es una orden limitada en el mismo lado del libro, según Parlour [30], se ha alargado la cola en este lado del libro y la probabilidad de ejecución de esta orden disminuye dado que es menos atractiva y el tiempo esperado de ejecución es más largo. Si la orden anterior es una orden de mercado en el lado opuesto del libro eso significa que una orden limitada presente en el mercado en el mismo lado del libro se ha

² Un ejemplo es el caso de un agente que compra por razones no informativas y fracciona con el fin de reducir el impacto en el mercado. Otro ejemplo es el caso de un insider con información positiva sobre el

ejecutado y es un signo del nivel de actividad, por lo que la probabilidad de ejecución de la nueva orden aumenta y su duración disminuye.

HIPÓTESIS 10: La última orden introducida en el mercado afecta el tiempo esperado de ejecución de la nueva orden limitada introducida: si la última orden introducida es una orden limitada en el mismo (opuesto) lado del libro el tiempo esperado de ejecución de la nueva orden puede ser más largo (más corto). Si la última orden introducida es una orden de mercado en el lado opuesto (mismo) del libro, el tiempo esperado de ejecución de una nueva orden es más corto (más largo).

3.4. SIBE Y EL DATASET

En esta sección presentamos las características institucionales de la bolsa de valores española y las principales características de la base de datos que vamos a utilizar en el análisis empírico.

3.4.1. SIBE

La organización actual de la Bolsa de valores española se regula por la Ley 24/1988 de la Bolsa de valores. Antes de la reforma, la bolsa de valores estaba muy fragmentada, no había ninguna conexión entre las cuatro bolsas de valores (Barcelona, Bilbao, Madrid, y Valencia). Sólo a corredores autorizados se les permitía el acceso a los mercados. Todo esto cambió después de la reforma.

valor de la acción que repetidamente compra la acción hasta que su información privada esté incorporada en los precios.

La primera plataforma de negociación electrónica usada en España que conecta las cuatro bolsas de valores era la CATS (Computer Assisted Trading System), importada de la Bolsa de valores de Toronto y en funcionamiento desde 1989. El 2 de Noviembre del 1995, este sistema se sustituyó por el Sistema de Interconexión Bursátil Español (SIBE) en el que todas las acciones que constituyen el IBEX 35 empezaron a cotizar. El SIBE facilita la comunicación directa y en tiempo real entre las bolsas de valores, permitiendo un solo precio y libro de órdenes para cada acción. Esta interconexión ha mejorado la liquidez del mercado y la profundidad. El mercado español es un mercado dirigido por órdenes con proveedores de liquidez (especialistas) para algunas acciones. El mercado ofrece información en tiempo real en su pantalla, para garantizar la transparencia. El mercado está abierto todos los días comerciales de lunes a viernes, y la sesión diaria se divide en diferentes fases.

Subasta de apertura. La sesión empieza con la subasta de apertura, periodo en que el libro de órdenes es parcialmente visible. Durante este tiempo las órdenes pueden ser introducidas, modificadas y canceladas, pero no se puede ejecutar ninguna transacción. Esta subasta dura 30 minutos, empieza a las 8:30 y tiene un periodo de cierre aleatorio de 30 segundos para prevenir la manipulación del precio. El precio de apertura es determinado escogiendo el precio al que el volumen más grande de acciones se ejecuta. Después del cierre aleatorio, comienza el período de asignación, durante el cual se comercian las acciones incluidas en el proceso de subasta. Una vez las acciones se asignan, los miembros reciben la información sobre la ejecución total o parcial de sus órdenes. Todas las órdenes no ejecutadas en el período de asignación permanecen en el libro de órdenes. El mercado está informado del precio de la apertura, del volumen negociado, del tiempo de cada transacción y la identidad de los miembros negociadores. Después de este periodo el mercado se abre.

Mercado abierto. Durante este período, desde la 9am hasta las 17:30, las órdenes pueden ser introducidas, modificadas, canceladas y pueden tener lugar transacciones al precio especificado y según las normas del mercado abierto. El libro de órdenes está abierto y disponible para todos los miembros del mercado (los códigos de agentes compradores y vendedores son conocidos). Las órdenes al mejor precio (más alto por la compra y más bajo para la venta) tienen prioridad en el libro. Cuando los precios coinciden, las órdenes introducidas antes tienen prioridad. Además, las órdenes de mercado introducidas en el sistema se ejecutan al mejor precio del lado opuesto del libro; por ejemplo, una orden de mercado de compra se ejecutará al precio más alto de posible dadas las órdenes existentes en el lado de la venta. Las órdenes pueden ejecutarse totalmente (en uno o varios pasos), parcialmente o no ejecutarse. Cada orden puede generar varias transacciones.

Subasta de cierre. La sesión acaba con una subasta de 5 minutos, entre 17:30 y 17:35, con las mismas características de la subasta de apertura y con un cierre aleatorio de 30 segundos. El precio resultante de esta subasta será el precio del cierre de la sesión. En ocasiones especiales la subasta del cierre puede extenderse.

Los tipos de órdenes usados en este sistema son los siguientes.

Las **órdenes de mercado**: son órdenes introducidas sin especificar un precio y se ejecutan al mejor precio del lado opuesto del libro. Si la orden no se ejecuta totalmente con la primera orden del lado opuesto del libro, continuará casándose con tantas órdenes del lado opuesto del libro como sea necesario hasta que se complete la cantidad requerida. Estas órdenes pueden introducirse en los periodos de subasta y de mercado abierto.

Órdenes por lo mejor: son órdenes introducidas sin especificar un precio pero están limitadas a ejecutarse solo al mejor precio existente en el lado opuesto del libro. Si la

acción está en el mercado abierto y no hay ninguna orden en el lado opuesto del libro, la orden se rechaza.

Las **órdenes limitadas**: son órdenes que, caso de ejecutarse, se ejecutan al precio especificado o mejor. Estas órdenes pueden ejecutarse contra órdenes de mercado al precio al cual se han emitido o contra órdenes limitadas del otro lado del libro siempre que éstas tengan un precio que no sea peor que el precio especificado en la propia orden. Pueden ser introducidas en el periodo de subasta y mercado abierto. Una orden limitada siempre se ejecuta a su precio, a menos que sea incluida en una subasta y el precio de la subasta sea mejor que este precio.

Las órdenes mencionadas arriba pueden satisfacer una de las siguientes condiciones de ejecución: volumen mínimo, Fill or Kill y Ejecuta o Elimina. Las órdenes pueden ser de volumen oculto, situación en la que sólo una parte del volumen especificado se descubre en el sistema. Una vez el volumen visible se ha ejecutado, el resto es considerado como una nueva orden de volumen oculto (iceberg), perdiendo la prioridad en tiempo que pudiese tener la orden original. Las órdenes de SIBE pueden ser válidas para los siguientes periodos de tiempo: válida durante un día; válida hasta una fecha específica, válida hasta la cancelación. Las órdenes con validez de más de un día mantienen su prioridad en el sistema de acuerdo con su precio y tiempo de entrada con respecto a los órdenes generados durante la sesión. Cuando se modifica una orden la prioridad se pierde, un nuevo número de orden se genera y entra en el sistema como una orden recientemente introducida. La negociación se lleva a cabo en euros con dos decimales. Durante la negociación la mínima variación de precio (tick) es: 0.01 euros para los precios hasta 50 euros; 0.05 euros para precios superiores a 50 euros³.

³ Para mas información sobre el SIBE léase Sociedad de Bolsas [35].

3.4.2. El Dataset

Los datos que necesitamos para construir las variables explicativas y los tiempos de ejecución no están inmediatamente disponibles, por eso es necesario construirlos a partir de tres bases de datos que nos han sido proporcionados por Sociedades de Bolsa. Vamos a describir la información disponible en los tres datasets.

Dataset MP. Contiene la información sobre el libro de órdenes disponible para los agentes participantes, dado por los mejores cinco niveles del lado de la compra y de la venta. Cada nivel de la base de datos contiene el precio de la orden, el volumen total y el número de órdenes existentes a ese precio. En el libro, todos los eventos (la colocación de nuevos órdenes, cancelaciones, modificaciones o ejecuciones) están registrados con una precisión de segundos y llevan a una potencial modificación del libro de órdenes que se graba en tiempo real por SIBE. El dataset no proporciona el tipo de evento ocurrido, sólo observamos las modificaciones en el libro de órdenes pero no los eventos que provocan los cambios. Sin embargo, podemos combinar la información contenida en este dataset con la información contenida en los otros dos datasets para poder discriminar entre eventos.

Dataset SM. Contiene la información sobre las órdenes correspondientes al mejor precio de compra y de venta y el volumen correspondiente. Todas las modificaciones que ocurren en el primer nivel se graban y de su análisis es posible averiguar el evento que causó la modificación en el libro. Tenemos también información sobre el volumen acumulado negociado, así como el precio al que la última transacción tuvo lugar. A partir del volumen acumulado podemos computar la cantidad de acciones negociadas en cada intercambio. Del análisis conjunto de este base de datos con la anterior podemos clasificar todos los eventos que ocurrieron en los primeros cinco niveles.

Dataset BASA. Contiene la información sobre las transacciones que ocurrieron durante la sesión de negociación desagregadas por órdenes. Tenemos información sobre el volumen, el precio y el tiempo. La desventaja de esta base de datos consiste en que no proporciona información sobre el lado (compra o venta) en que las transacciones ocurren. Para resolver este problema explotamos conjuntamente la información de SM y BASA creando un algoritmo que nos permite determinar en que lado del libro se originaron las transacciones, y podemos construir una base de datos compuesta por las transacciones que han ocurrido en cada lado del libro.

Como vemos, las diferentes bases de datos pueden combinarse para producir información sobre los eventos y los cambios generados en el libro de órdenes. Es decir, agregando la información contenida en las bases de datos obtenemos para cada lado del libro las nuevas órdenes introducidas con su precio, volumen y el momento de la emisión y las cancelaciones⁴. Usando otro algoritmo, obtenemos las transacciones que ocurrieron durante la sesión de transacción para cada lado del mercado. De esta manera construimos una lista de todas las transacciones que ocurrieron durante el día. Así tenemos un conjunto de todas las nuevas órdenes introducidas en la sesión de negociación y un conjunto compuesto de las órdenes ejecutadas y canceladas. Por lo que sabemos, a menos que no sea especificado diferentemente, las órdenes introducidas tienen una validez diaria y en mercado abierto la regla de prioridad de precio se cumple, pudiendo programar un algoritmo que nos permite averiguar el emparejamiento entre las nuevas órdenes introducidas y las órdenes ejecutadas o canceladas en términos de volumen y precio. De esta manera obtenemos un conjunto de órdenes que se ejecutan, otro conjunto de órdenes que se cancelan y otro que contiene las órdenes no ejecutadas ni canceladas. En este dataset no es posible distinguir entre las órdenes limitadas

ejecutadas parcialmente al mejor precio en el otro lado del libro y market to limit orders, ya que no disponemos de información suficiente para hacerlo en el dataset.

Dado que queremos analizar la velocidad de ejecución, debemos distinguir entre las órdenes que realmente se ejecutan (en estas tendremos el tiempo que tardan en ejecutarse) y las que no (para ellas no podremos saber si se hubiesen ejecutado ni el tiempo que habrían empleado en hacerlo). Podemos, por tanto, dividir las observaciones en dos categorías, no censuradas (se ejecutan) y censuradas (no se ejecutan). Las observaciones censuradas incluyen las órdenes canceladas con su tiempo de cancelación (la diferencia entre el tiempo en que la cancelación ocurre y el tiempo de colocación), órdenes que van más allá del quinto nivel y no se han ejecutado ni se han cancelado cuyo tiempo es considerado como la diferencia entre el tiempo en que la sesión abierta cierra y el tiempo de colocación de la orden⁵. Las observaciones no censuradas incluyen todas las órdenes ejecutadas, con sus tiempos de ejecución (la diferencia entre el tiempo en que la transacción ocurre y el tiempo de la colocación de la orden).

En la creación del dataset de órdenes limitadas consideramos sólo las órdenes cuyo desarrollo podemos seguir (tienen que ser visibles todo el tiempo en el libro de órdenes del que disponemos). Si salen del libro, por ejemplo porque se mueven al sexto o siguientes niveles, las consideramos como observaciones censuradas con un tiempo igual a la vida de la orden en los primeros cinco niveles. Estas observaciones representan el 25% de las órdenes totales introducidas. Esto causa un sesgo de muestra, pero no es posible abordar el problema de forma diferente y usamos el análisis de supervivencia para acomodar estas observaciones como observaciones censuradas. Si tenemos en cuenta que la mayoría (70%) de órdenes se introducen y ejecutan en el

⁴ Otros autores investigan el SSE empíricamente y necesitan construir igualmente sus datasets para proceder con su análisis. Véase, por ejemplo Abad [3] y Pascual y Veredas [32].

⁵ Cho y Nelling [10] calculan el tiempo de expiración de la misma manera.

primer nivel, podemos considerar el dataset resultante útil para tratar el problema propuesto.

Como resumen, obtenemos un dataset compuesto de las nuevas órdenes introducidas durante el período de análisis, su tiempo de ejecución y el valor de las variables explicativas en el momento en que la orden se emite. Los activos considerados son los que pertenecen al IBEX 35 salvo Zeltia, ya que hizo un desdoblamiento (3 por 1) en septiembre del 2000. Los activos son muy diferentes entre ellos en lo que a actividad respecta y por esta razón hemos decidido dividirlos en tres muestras según su nivel de actividad de negociación (nivel de actividad alto, medio y bajo). La lista y la distribución de los activos en los diferentes grupos se proporcionan en el apéndice.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

En esta sección definimos las variables usadas en el análisis. Recordemos que entendemos por precio de compra el precio al que un agente quiere comprar un número determinado de acciones y por precio de venta el precio al que el agente quiere vender un determinado número de acciones.

3.5.1. La agresividad de precio

En esta sección proponemos una definición de agresividad de precio alternativa después de haber analizado las existentes en la literatura. La primera contribución sobre este concepto la encontramos en Biais et al. [7], donde se propone una categorización de agresividad de las órdenes en 7 categorías. Las órdenes más agresivas corresponden a órdenes de mercado de compra (venta) que exigen más volumen del que está disponible

en el mejor nivel de venta (compra), y se permite subir (bajar) el libro (primera categoría). Las otras categorías son menos agresivas, por ejemplo en la segunda tenemos órdenes que exigen más volumen del disponible en el mejor nivel de la venta (compra) pero no pueden subir (bajar) el libro, y la categoría menos agresiva es la cancelación de la orden. Las primeras tres categorías implican la ejecución inmediata, total o parcial, de la orden, y las restantes implican la ejecución no inmediata. Ranaldo [33] y Griffiths et al. [18] utilizan esta clasificación para estudiar empíricamente los factores que afectan a la agresividad de precio en la bolsa de valores Suiza y de Toronto respectivamente, mientras Abad [3] realiza un estudio similar para el SSE (mercado español). El problema que presenta esta medida de agresividad es que al ser categórica, todas las órdenes limitadas que, por ejemplo, mejoran el mejor precio, tienen la misma agresividad, independientemente del grado en que lo hagan.

Los modelos teóricos de Foucault [15], Parlour [30], Handa, Schwartz y Tiwari [21] y Beber y Caglio [6] sugieren que el libro de órdenes influencia la agresividad de los agentes. Estos modelos indican que el estado del libro de órdenes y el lugar del agente en la cola de órdenes limitadas afectan la decisión de un agente de introducir una orden de mercado o una orden limitada, y que la volatilidad del activo determina el riesgo de no ejecución de una orden limitada. Harris [19] mide la agresividad de la orden como $(1-2(A-P)/(A-B))$ para los órdenes de la compra y el negativo de esta cantidad para los órdenes de venta donde $A(B)$ denota el mejor precio de compra (venta), y P es el precio de la orden limitada emitida. Esta medida asigna un valor de uno para órdenes de mercado y menor que uno para órdenes limitadas. Las órdenes limitadas introducidas al mejor precio tienen un valor de -1, y a medida que el valor se hace menor, la diferencia entre el precio de la orden y el mejor precio en el mismo lado del libro aumenta. Esta definición no tiene en cuenta las variables en los dos lados del libro.

El dataset de que disponemos está compuesto de órdenes limitadas, por esta razón sólo estamos interesados en el grado de agresividad de precio de órdenes limitadas mientras la clasificación de Biais et al. [7] considera todo el tipo de órdenes, además de presentar el problema de ser categórica, como ya hemos dicho anteriormente. Nuestra propuesta es una definición de agresividad de precio para ambos lados. Sean $limitprice_t$ el precio a que la orden limitada ha sido introducida en el mercado en el momento t ; $bidprice_{t-1}$, $askprice_{t-1}$ los mejores precios de compra y de venta en el momento de introducción de la orden.

Para el lado de la venta, definimos la agresividad de precio de la orden limitada como:

$$Priceagr_t = \frac{askprice_{t-1} - limitprice_t}{\frac{bidprice_{t-1} + askprice_{t-1}}{2}}.$$

Para el lado de la compra, definimos la agresividad de precio de la orden limitada como:

$$Priceagr_t = \frac{limitprice_t - bidprice_{t-1}}{\frac{bidprice_{t-1} + askprice_{t-1}}{2}}$$

Cuando el valor de esta variable es igual a 0 significa que la colocación de la nueva orden ocurre al mejor precio de venta (compra) del libro de órdenes. Si el valor de esta medida es positivo significa que el agente está mejorando el precio con la nueva orden. En este caso, el agente ha introducido una orden más agresiva que la introducida al mejor precio o a un precio peor. Un aumento en el valor de esta variable corresponde a un aumento en la agresividad. Si la agresividad del precio toma un valor negativo significa que el agente ha introducido una orden con un precio lejos del mejor precio. Nosotros esperamos que un aumento en la agresividad disminuya el tiempo de ejecución de la orden, es decir, esperamos un signo negativo para el coeficiente de agresividad del precio, como ya fue declarado en hipótesis 2.

3.5.2. Otras variables

En esta sección analizaremos el resto de variables consideradas en nuestro modelo.

El **tiempo de ejecución** es la duración de una orden y se calcula como la diferencia entre el tiempo en que la transacción ocurre (orden completamente ejecutada) y el tiempo de introducción de la orden. Se expresa en segundos.

El **tamaño** de la orden se representa por el número de acciones de la orden dividido por el número mediano de acciones de las órdenes introducidas para este activo. De esta forma obtenemos una medida normalizada que puede compararse para los distintos valores.

La **horquilla relativa** de los mejores precios de compra y de venta se calcula en el momento anterior a la colocación del orden (en el momento que el agente toma la decisión).

La horquilla relativa de precios:

$$\text{Horquilla relativa de precio}_{t-1} = \frac{\text{askprice}_{t-1} - \text{bidprice}_{t-1}}{\frac{\text{bidprice}_{t-1} + \text{askprice}_{t-1}}{2}}$$

Una horquilla mas ancha implica costes de transacción más altos que restan atractivo a la emisión de órdenes de mercado (Al Suhaibani y Kryzanowsky [2]). Esperamos que si la horquilla relativa aumenta, el tiempo de ejecución de la orden aumentará: las órdenes introducidas cuando la horquilla es ancha son más difíciles de ejecutar a menos que el agente se aproveche de esta diferencia y posicione su precio entre el mejor precio de compra y de venta.

Se define la **volatilidad** como la suma del valor absoluto de los cambios en el precio en los últimos 10 minutos antes de la colocación de la orden dividida por el precio real. La

hipótesis 3 implica que se espera un impacto negativo de la volatilidad sobre los tiempos de ejecución.

El **nivel de actividad** de negociación se obtiene como el logaritmo del número de transacciones que ocurrieron una hora antes de la colocación del orden. Esperamos un signo negativo ya que parece razonable suponer que si el nivel de actividad aumenta tendremos dos efectos, la probabilidad de ejecución de la orden aumenta y el tiempo esperado de ejecución disminuye.

La **prioridad** mide el número de acciones que tienen prioridad en la ejecución con respecto a la nueva orden introducida. Si el número de acciones que tienen prioridad aumenta entonces el tiempo esperado de ejecución también debería aumentar.

Otra variable explicativa es el número de órdenes limitadas ejecutado en la última hora en el lado de la compra (venta) dividido por el número total de transacciones ocurridas una hora antes de la colocación; lo definimos como **percmkc** (**percmkv** para la venta). Si este indicador es superior al 50% significa que, en la última hora, el número de ejecuciones en el lado de la compra (venta) es más alto que el que ha tenido lugar en el lado de la venta (compra). Algunos modelos teóricos mencionan la existencia de un efecto diagonal: si hay una preponderancia de órdenes de mercado de venta (compra) los agentes tienden a poner más órdenes limitadas de compra (venta).

También introducimos variables dummy que tratan de recoger el efecto de los **días de la semana** en el tiempo esperado de ejecución y el **momento del día** en el tiempo esperado de ejecución. En el caso de los días de la semana se definen cinco variables que toman el valor 1 en el día correspondiente de la semana y cero en el resto de días. Para trabajar con el momento del día, se divide la sesión comercial en 17 intervalos de 30 minutos cada uno y definimos una variable dummy para cada intervalo. Lo que

queremos analizar con estas variables es si el tiempo de la colocación de una orden está afectando a su tiempo esperado de ejecución.

Otro conjunto de variables dummy representa el **tipo de la última orden introducida** antes de la colocación de la nueva orden limitada: *lastlb* (*lastls*) es igual a 1 si la última orden introducida antes de la colocación de la nueva orden era una orden limitada de compra (venta) y en caso contrario es igual a cero; *lastmb* (*lastms*) es igual a 1 si la última orden introducida antes de la colocación de la nueva orden era una orden de mercado de compra (venta) y en caso contrario es igual a cero.

3.6. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL MERCADO

Vamos a presentar algunas estadísticas que tratan de describir características que presenta el libro de órdenes para nuestros activos. Como ya hemos anticipado anteriormente, hemos considerado los activos que pertenecen al índice IBEX 35⁶ en el período julio-septiembre del año 2000. Además, hemos dividido los activos en tres submuestras de acuerdo a su nivel de actividad.

La tabla 1 muestra información sobre el número de órdenes introducidas en el período analizado. Contiene el número total de órdenes introducidas y el número de órdenes ejecutadas, adjuntando además el porcentaje de órdenes ejecutadas se entre paréntesis. El porcentaje de observaciones no censuradas es siempre menor que el 50%; en el lado de la compra el porcentaje más alto es 38.61% (ACR) y los más bajos son 15.88% (CAN) y 18.45% (ALB). En el lado de la venta el porcentaje más alto es 33.68% (ALT) y los más bajos son 21.36% (ALB) y 21.94% (CAN).

⁶ Excepto Zeltia, como ha sido explicado en la sección 4.2.

Tabla 1: Número de Observaciones (totales y ejecutadas) para los activos y submuestras considerados.

	Lado	Compra	Lado	Venta
	Observaciones	Observaciones no	Observaciones	Observaciones no
	Totales	censuradas	Totales	censuradas
ACE	10228	3369 (32.94)	8452	2518 (29.79)
ACR	10539	4069 (38.61)	10205	2730 (26.75)
ACS	8749	2193 (25.07)	7338	1701 (23.18)
ACX	9563	3134 (32.77)	8688	2279 (26.23)
AGS	7271	1756 (24.15)	5867	1428 (24.34)
ALB	7662	1414 (18.45)	6245	1334 (21.36)
ALT	19440	5497 (28.28)	16814	5663 (33.68)
AMS	24710	7993 (32.35)	22488	6729 (29.92)
ANA	11118	3310 (29.77)	10088	2471 (24.49)
BBVA	36995	10552 (28.52)	38801	10029 (25.85)
BKT	16855	5576 (33.08)	14898	4413 (29.62)
CAN	6913	1098 (15.88)	5091	1117 (21.94)
CTE	7809	2095 (26.83)	6739	1611 (23.91)
CTG	13358	3934 (29.45)	11026	3053 (27.69)
DRC	12693	3940 (31.04)	12205	3776 (30.94)
ELE	28931	9341 (32.29)	26085	8074 (30.95)
FCC	11230	3422 (30.47)	10431	2817 (27.01)
FER	9526	2989 (31.38)	8686	2667 (30.70)
IBE	16387	5018 (30.62)	14890	4720 (31.70)
IDR	14085	4271 (30.32)	12418	3733 (30.06)
NHH	7859	1958 (24.91)	6730	1858 (27.61)
POP	13603	3616 (26.58)	11315	3562 (31.48)
PRY	10376	2555 (24.62)	8954	2560 (28.59)
REE	8191	2669 (32.58)	6893	2179 (31.61)
REP	32686	10522 (32.19)	31558	9346 (29.62)
SCH	47139	12228 (25.94)	59706	13685 (22.92)
SGC	18401	5545 (30.13)	16291	4259 (26.14)
SOL	9902	3127 (31.58)	8482	2356 (27.78)
TEF	136137	35743 (26.26)	126200	33266 (25.57)
TPI	24724	8757 (35.42)	23547	6598 (28.02)
TPZ	17017	5122 (30.10)	15325	4085 (26.67)
TRR	65874	19667 (29.86)	63478	17814 (28.06)
UNF	12610	4450 (35.29)	10326	3138 (30.39)
VAL	8332	2312 (27.75)	6924	2103 (30.37)
Actividad				
Alta	500432	144939 (28.96)	452023	122348 (27.07)
Media	146716	46030 (31.37)	129921	37372 (28.77)
Baja	107089	28503 (26.62)	90594	23651 (26.11)

Las tablas 2, 3, 4 y 5 contienen estadísticos descriptivos para las variables independientes definidas en la sección anterior, tanto para las órdenes de compra como para las de venta. La tabla 2 proporciona la media y la desviación estándar de todas las variables estudiadas para las tres muestras de activos⁷.

⁷ Las estadísticas descriptivas para cada uno de los activos también se han evaluado y pueden facilitarse en caso de interés.

Las tablas 3, 4, 5 proporcionan estadísticos descriptivos para cada variable para las tres muestras en diferentes períodos de la sesión de negociación: al principio del día (9:00-11:00), período intermedio (11:00-15:30) y el final del día (15:30-17:30). Calculamos los estadísticos descriptivos de todas las variables explicativas para todas las órdenes limitadas introducidos en el SIBE salvo en el caso del tiempo de ejecución, dónde consideramos sólo las órdenes limitadas ejecutadas.

La correspondencia entre variables y nombres utilizados en las tablas son: **tamaño** de la orden (VOL), **horquilla relativa** (BAS), **agresividad** del precio (el PA), **volatilidad** (VOLAT), nivel de **actividad** (TrAc), **prioridad** (Prior), **porcentaje de órdenes de mercado** (PMK) y **tiempo de ejecución** (ExT). Todos los comentarios realizados de ahora en adelante son válidos para ambos lados del libro (compra y venta) a menos que lo mencionemos específicamente.

Analizando los estadísticos descriptivos del volumen (VOL), definido como la proporción entre el número de acciones de la orden y el número mediano de acciones por orden, observamos que la media está cercana a 2 (disminuye con el nivel de actividad), es decir, la media es dos veces el valor mediano de las órdenes introducidas. Al principio del día el volumen es, por término medio, más de 1.5 veces el volumen mediano introducido, durante el día es dos veces mayor y al final del día es más de dos veces el volumen mediano de las órdenes introducidas.

En el caso de la horquilla relativa (BAS) la media y la desviación estándar son bastante pequeñas, lo que indica que la distancia entre el mejor precio de venta y el de compra es pequeña. Los activos con la media más baja son BBVA, SCH y TEF. La muestra con bajo nivel de actividad tiene una horquilla relativa con los valores más altos en ambos lados del mercado y cuando el nivel de actividad aumenta el valor de la horquilla relativa disminuye. Sobre los estadísticos descriptivos computados en los diferentes

períodos de la sesión de negociación, podemos observar que la horquilla relativa es mas ancha al principio del día y se estrecha durante la sesión de negociación.

Tabla 2: Estadísticos: Media y desviación estándar (en paréntesis) para las submuestras

Total		Vol	BAS	PA	Volat1	Prior	PMK	TrAc	ExT
Compra	Alta	2.147 (21.7158)	0.0011104 (0.00104)	-0.000195 (0.001068)	0.03249 (0.04106)	9883.33 (28100)	0.51577 (0.1695)	6.2372 (1.010)	147.17 (569.46)
	Media	1.938 (15.707)	0.002952 (0.00235)	-0.0002798 (0.002259)	0.01392 (0.02035)	2748.08 (9542.8)	0.5184 (0.2098)	4.373 (0.9543)	546.32 (1327.6)
	Baja	1.887 (9.385)	0.00467 (0.00957)	-0.0001644 (0.003074)	0.006967 (0.0129)	993.15 (3006.8)	0.52727 (0.2538)	3.385 (0.894)	836.6 (1790.8)
Venta	Alta	2.4567 (19.633)	0.001078 (0.00091)	-0.00029 (0.001172)	0.03176 (0.0399)	25242.24 (98032)	0.48168 (0.1702)	6.244 (0.966)	165.80 (570.115)
	Media	1.9622 (19.842)	0.002945 (0.0024)	-0.0002603 (0.00237)	0.01432 (0.0208)	2442.5 (8667.07)	0.4855 (0.2102)	4.393 (0.961)	535.14 (1291.3)
	Baja	2.037 (24.019)	0.004744 (0.00385)	-0.0001859 (0.00464)	0.007406 (0.01334)	1082.55 (3382.55)	0.44908 (0.2475)	3.425 (0.878)	986.013 (2086.2)

Tabla 3: Estadísticos al inicio del día: Media y desviación estándar (en paréntesis) para las submuestras

Mañana		Vol	BAS	PA	Volat1	Prior	PMK	TrAc	ExT
Compra	Alta	1.633 (13.284)	0.001278 (0.001136)	-0.00023 (0.001204)	0.0478 (0.0607)	8281.9 (23717)	0.5066 (0.1853)	6.056 (1.3)	164.55 (849.20)
	Media	1.640 (19.522)	0.00361 (0.00285)	-0.000419 (0.0027)	0.01905 (0.027)	2408.6 (7946.06)	0.5112 (0.2343)	4.1177 (1.2355)	594.5 (1561.29)
	Baja	1.5498 (5.1979)	0.006126 (0.00465)	-0.000473 (0.00397)	0.008199 (0.0130)	921.29 (2549.3)	0.5194 (0.2902)	3.034 (1.087)	957.2 (2197)
Venta	Alta	1.877 (8.1207)	0.001241 (0.001098)	-0.000336 (0.0013)	0.04737 (0.0593)	20626 (85766.7)	0.4897 (0.1861)	6.102 (1.256)	237.08 (948.48)
	Media	1.647 (7.146)	0.00357 (0.00282)	-0.000392 (0.00279)	0.01956 (0.0273)	2308.33 (8038.24)	0.4784 (0.2345)	4.1365 (1.243)	568.1 (1538.4)
	Baja	1.718 (25.59)	0.00615 (0.004624)	-0.000435 (0.00406)	0.008826 (0.0130)	1068.23 (3186.7)	0.4026 (0.2727)	3.0935 (1.068)	1230.14 (2657.37)

Tabla 4: Estadísticos durante el segundo tramo del día: Media y desviación estándar (en paréntesis) para las submuestras

Mediodía		Vol	BAS	PA	Volat1	Prior	PMK	TrAc	ExT
Compra	Alta	1.996 (14.66)	0.001034 (0.00108)	-0.000175 (0.001)	0.02608 (0.0297)	10758.36 (28710)	0.5261 (0.176)	6.3446 (0.8565)	176.01 (545.14)
	Media	1.94 (16.73)	0.002698 (0.00205)	-0.000251 (0.002043)	0.01084 (0.01585)	2928.82 (9765.9)	0.5199 (0.1945)	4.442 (0.7865)	698.7 (1512.7)
	Baja	1.93 (9.95)	0.0041 (0.0139)	-0.000074 (0.00263)	0.00543 (0.011)	1065.04 (3153.09)	0.5361 (0.2347)	3.43 (0.758)	1059.63 (1970)
Venta	Alta	2.229 (14.25)	0.001011 (0.00083)	-0.000301 (0.00113)	0.02556 (0.0287)	31285.8 (104122)	0.4649 (0.1747)	6.349 (0.8132)	211.97 (635)
	Media	1.94 (21.53)	0.0027 (0.002211)	-0.000218 (0.002146)	0.01108 (0.01608)	2570.83 (9837.3)	0.4848 (0.1953)	4.4659 (0.791)	693.18 (1471.6)
	Baja	1.91 (9.86)	0.004177 (0.00335)	-0.000097 (0.00593)	0.00537 (0.00973)	1154.31 (3779.5)	0.4541 (0.23)	3.4675 (0.740)	1226.6 (2246)

Tabla 5: Estadísticos al final del día: Media y desviación estándar (en paréntesis) para las submuestras

Tarde		Vol	BAS	PA	Volat1	Prior	PMK	TrAc	ExT
Compra	Alta	2.869 (33.73)	0.001038 (0.00083)	-0.000182 (0.001021)	0.027108 (0.02478)	10123.5 (30900.3)	0.5093 (0.14)	6.2533 (0.867)	97.23 (231)
	Media	2.215 (8.552)	0.00269 (0.00212)	-0.000189 (0.00208)	0.01345 (0.0175)	2811.77 (10539.8)	0.5229 (0.206)	4.515 (0.81)	282.93 (536.27)
	Baja	2.137 (11.344)	0.004122 (0.00319)	-6.22e-06 (0.00264)	0.007953 (0.0148)	959.99 (3181.1)	0.5222 (0.243)	3.639 (0.759)	389.15 (665.29)
Venta	Alta	3.3728 (31.26)	0.001022 (0.00081)	-0.000227 (0.001098)	0.02588 (0.0237)	20550.74 (99236.6)	0.4993 (0.1423)	6.2228 (0.8267)	102.87 (240.33)
	Media	2.2968 (25.029)	0.002675 (0.00208)	-0.000192 (0.00224)	0.01378 (0.01822)	2392.4 (7449.84)	0.4934 (0.2052)	4.538 (0.805)	293.81 (541.12)
	Baja	2.498 (33.72)	0.004178 (0.00328)	-0.000071 (0.002874)	0.00878 (0.0168)	1001.19 (2979.2)	0.4721 (0.2399)	3.677 (0.7418)	417.82 (707.51)

La agresividad del precio (PA) se ha definido de forma que las órdenes más agresivas tengan el valor más alto. El valor de esta variable es por término medio negativo y muy cercano a cero. Parece que a medida que el nivel de actividad aumenta las órdenes introducidas son menos agresivas y el lado de la venta parece ser menos agresivo que el de la compra (salvo el caso de la compra en el grupo con nivel de actividad medio). A medida que el día avanza parece que la agresividad de las órdenes limitadas va en aumento. Las órdenes introducidas con una agresividad de precio negativa y pequeña indican que, por término medio, los agentes colocan órdenes con un precio lejos del mejor precio en el mercado en ese momento, pero cerca de ese último.

Los activos con más altos valores de volatilidad (VOLAT) son los que pertenecen a la muestra con un alto nivel de actividad y se observa que a medida que el nivel de actividad aumenta la volatilidad también aumenta. Observamos la volatilidad más alta al principio del día, y después disminuye ligeramente en el período intermedio y aumenta al final de la sesión diaria (podemos corroborar este hecho en la figura 4, que presenta la forma de U a la que se refiere comúnmente la literatura). Hay también activos con volatilidad muy baja que pertenecen al grupo de activos con nivel de actividad bajo.

Consideramos ahora la variable TA, que mide el nivel de actividad de un activo una hora antes de la colocación del orden. Hay 6 activos (BBVA, ELE, SCH, REP, TEF y TRR) con una media del nivel de actividad superior a 5 y una desviación estándar pequeña y 3 activos (SCH, TEF, TRR) con una media superior a 6. Un valor de 7 (TEF) para el nivel de actividad significa que una hora antes de la colocación de la orden han tenido lugar 1097 transacciones (por término medio), mientras un nivel de actividad de 2.8 (ALB) significa que 17 transacciones (por término medio) han ocurrido. Además, como hemos presentado anteriormente, los activos con un nivel de actividad alta tienen una horquilla relativa pequeña, haciendo pensar en una relación negativa entre estas dos variables.

La prioridad (Prior) parece ser muy volátil, sin un patrón claro a medida que la actividad aumenta o el día evoluciona.

La última variable explicativa es el percmkc (percmkv para la venta), la proporción de órdenes ejecutadas en un lado del libro una hora antes de la colocación. El valor de este indicador es mayor que 50% en el lado de la compra para todas las muestras y aumenta ligeramente a principio y al final de la sesión diaria si el nivel de actividad aumenta, lo contrario ocurre en el período intermedio.

Finalmente, podemos mirar a los tiempos de ejecución (ExT) expresados en segundos. En término medio, en ambos lados los activos con el valor más bajo son los que pertenecen a la muestra con un nivel de actividad alto y en particular TEF, TRR, REP y BBVA. Se aprecia una curva con forma de U inversa si consideramos la evolución del tiempo de ejecución a lo largo de la sesión diaria (ver figura 7). En el lado de la venta los tiempos de ejecución son más altos que en el lado de la compra, salvo TEF y el grupo con un nivel de actividad medio dónde encontramos el efecto opuesto.

Tras el análisis de los activos que pertenecen al IBEX 35 debemos enfatizar el hecho de que hay grandes diferencias entre ellos por lo que se refiere a los costes de intermediación, nivel de actividad y profundidad. La mayoría de la actividad de negociación de este índice y del Mercado español se concentra en unos pocos activos, como veremos más en detalle en la próxima sección.

3.7. ALGUNOS COMENTARIOS SOBRE EL MERCADO

Seis activos concentran la mayoría de la actividad comercial en el Mercado español: TEF, SCH, BBVA, REP, TRR y ELE.

La figura 1 muestra la distribución de la colocación de las nuevas órdenes de los activos que pertenecen al IBEX 35 entre julio y septiembre del año 2000. La mayoría de las órdenes se concentran en BBVA, REP, SCH, TEF, TRR y ELE. El nivel de actividad alto de algunos de ellos depende del período de tiempo que estamos analizando como en el caso de TRR, activo para el que éste es un período de gran expansión. Si consideramos los dos lados del mercado podemos observar que la proporción de nuevas órdenes es más o menos la misma. Lo mismo pasa si tenemos en cuenta que el número de transacciones u órdenes de mercado que ocurrieron en el mismo período; la mayoría de ellas se concentran en los mismos activos (ver figura 2). En este caso hay más diferencias si miramos los dos lados del mercado. Si consideramos el lado de la compra podemos observar que TEF y TRR presentan una proporción más alta de transacciones en este lado con respecto al lado de la venta. ALT, BBVA, ELE, REP y SCH tienen una proporción más alta de transacciones en el lado de la venta que en el lado de la compra. Consideramos ahora la evolución de algunas variables durante la sesión diaria. Hemos dividido la sesión comercial en 17 intervalos de 30 minutos y calculamos el valor de la

horquilla relativa y la volatilidad del retorno del activo al principio y al final de cada intervalo.

El patrón observado de la horquilla relativa para los activos que pertenecen al IBEX (ver figura 3) tiene forma de U. Por la mañana el valor de la horquilla es alto debido a la mayor incertidumbre que hay en el mercado. Con el paso del tiempo, empiezan las transacciones y la asimetría de información se reduce provocando un estrechamiento de la horquilla. Chan et al. [9] atribuyen este patrón a la ausencia del poder de mercado del especialista. El valor de la horquilla es aproximadamente el mismo en el primero y en el último período. Resultados similares para el SSE se obtienen en períodos diferentes que han sido analizados en la literatura por Blanco [8] y Rubio y Tapia [34].

Figura 1: Distribución de las nuevas órdenes limitadas introducidas entre los activos del IBEX 35. La proporción se calcula como el ratio entre nuevas órdenes para el activo y nuevas órdenes para el mercado.

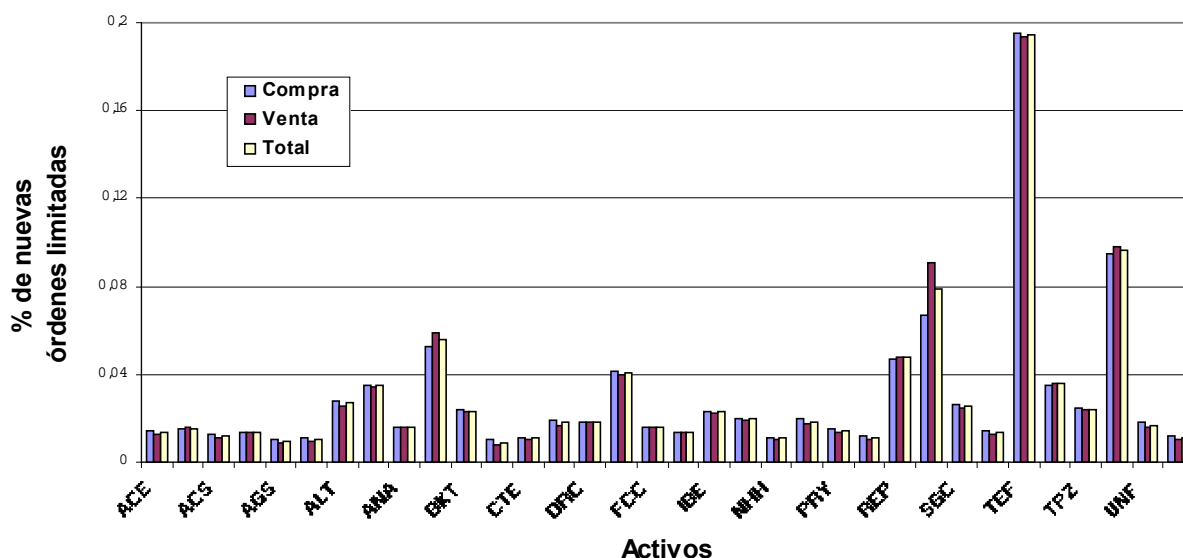


Figura 2: Distribución de las transacciones que tienen lugar entre los activos del IBEX 35. La proporción se calcula como el ratio entre órdenes de mercado para el activo y transacciones totales en el mercado.

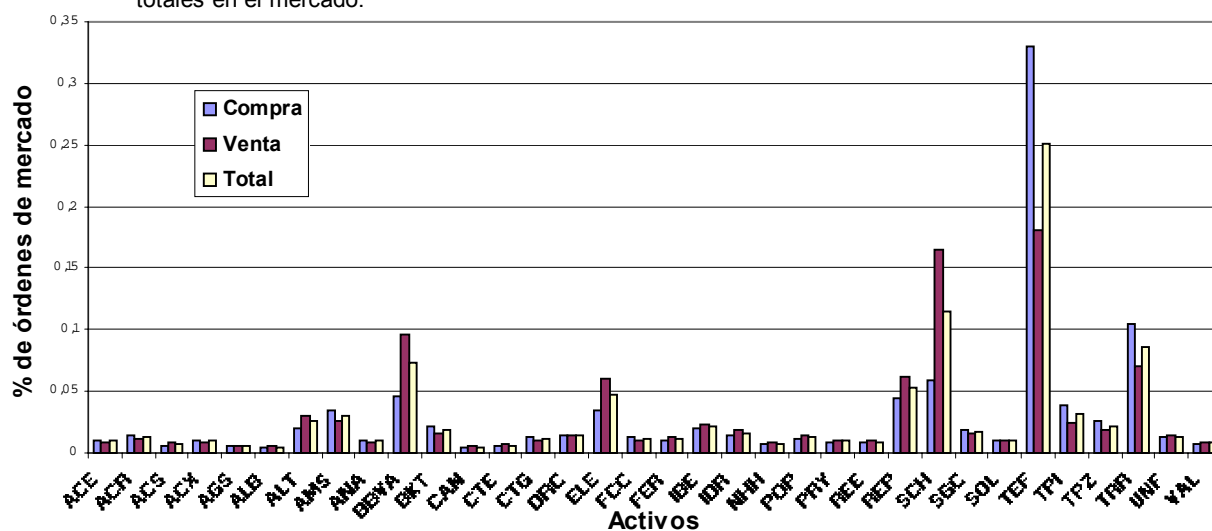


Figura 3: Horquilla relativa: cada barra representa la media en el intervalo de los 65 días de muestra de que se dispone.

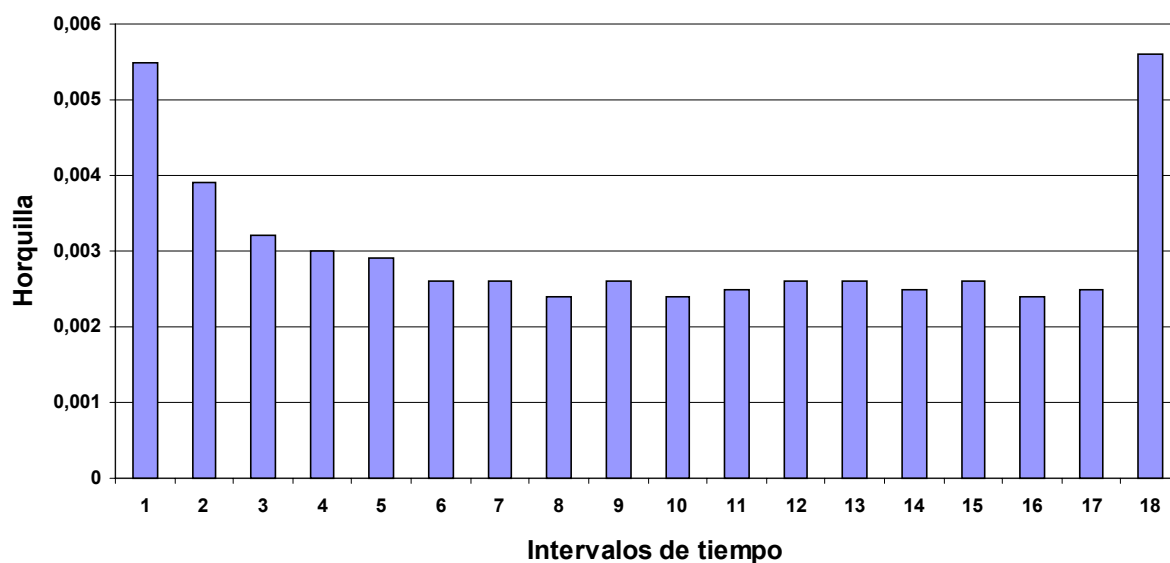


Figura 4: Volatilidad de los retornos: cada barra representa la media en el intervalo de los 65 días de muestra de que se dispone.

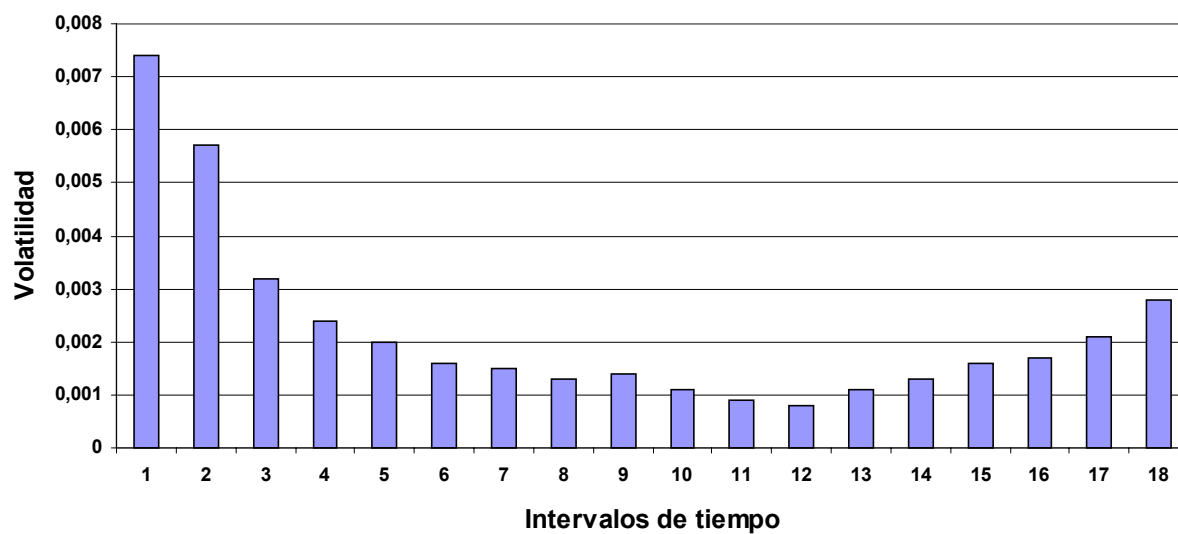


Figura 5: Distribución de las nuevas órdenes limitadas emitidas (compra, venta y total) a lo largo de la sesión: cada barra representa la media en el intervalo de los 65 días de muestra de que se dispone.

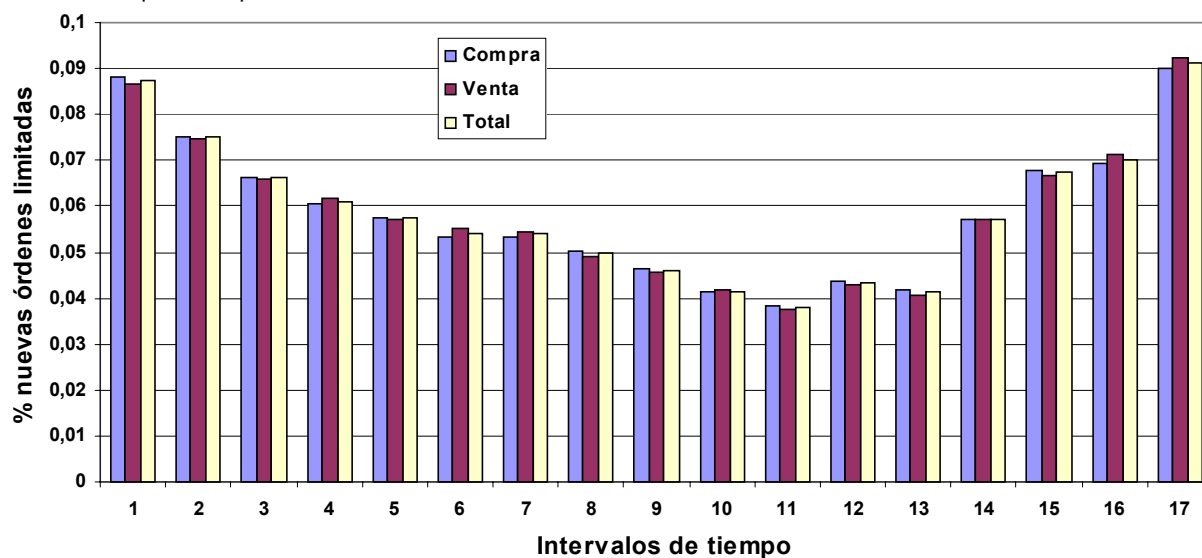


Figura 6: Distribución de las transacciones (compra, venta y total) a lo largo de la sesión: cada barra representa la media en el intervalo de los 65 días de muestra de que se dispone.

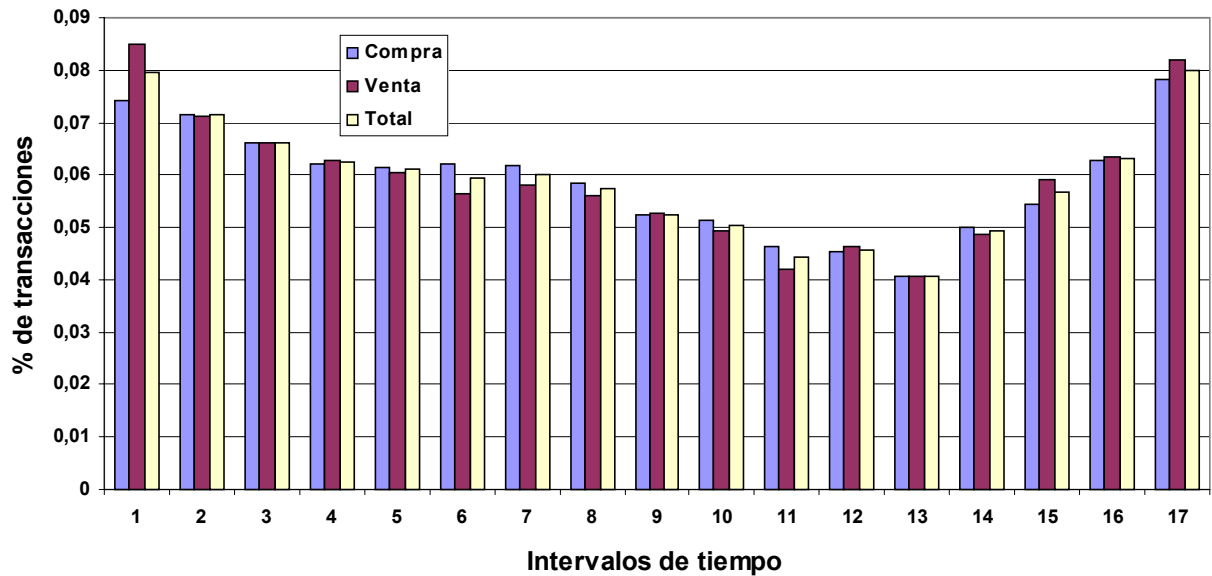
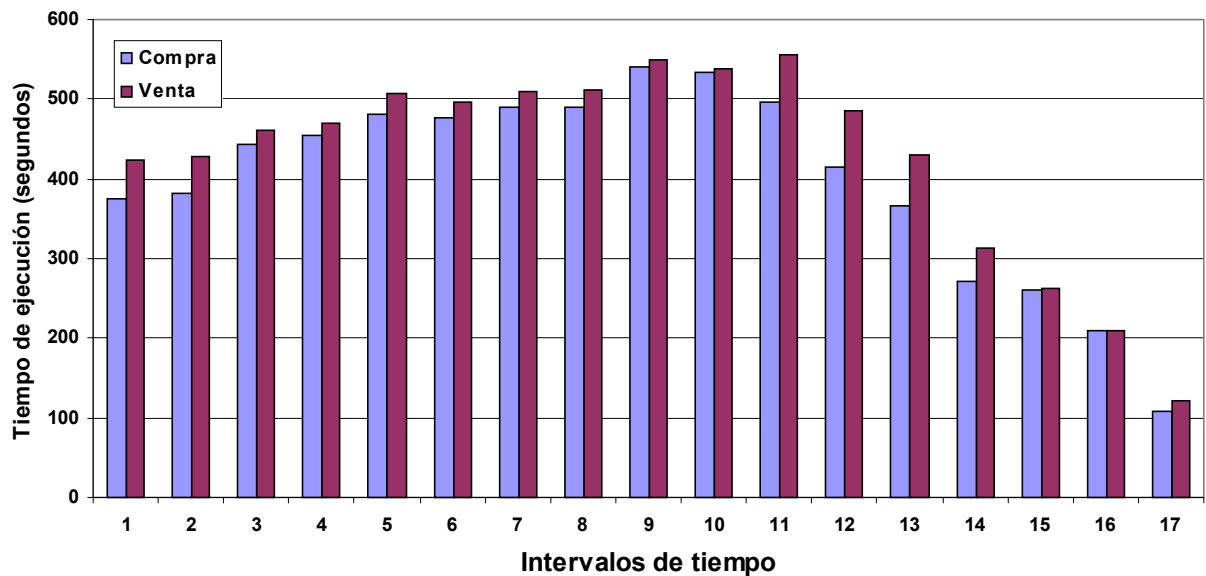


Figura 7: Tiempos de ejecución (segundos) para las órdenes que entran en cada intervalo: cada barra representa la media en el intervalo de los 65 días de muestra de que se dispone.



La volatilidad del retorno del activo (figura 4) también sigue una evolución a lo largo del día con forma de U, aunque el valor al final de la sesión de negociación no es tan alto como el que observamos al principio. El valor más alto tiene lugar al principio de la sesión diaria. Esto es consistente con el modelo de Admati y Pfleiderer [1] que predice que períodos de volúmenes altos son más informativos y provocan precios más

volátiles. Ésta es una situación muy típica al principio del día, cuando hay incertidumbre debido a las asimetrías de información y muchas órdenes se introducen para descubrir el precio. De hecho, si observamos la distribución de nuevas órdenes y las transacciones durante la sesión diaria (ver figuras 5 y 6) podemos observar que se concentran principalmente al principio y al final de la sesión, en los mismos períodos en que se aprecia la volatilidad más alta. Más en detalle, la distribución de las nuevas órdenes introducidas durante la sesión (figura 5) tiene una forma de U: la proporción de nuevas órdenes introducidas al principio del día es más alta que la proporción de órdenes introducidas en otros intervalos, con la excepción de los últimos 30 minutos cuando la proporción de nuevas órdenes es más alta. Probablemente, los agentes introducen más órdenes limitadas en la última media hora porque tienen suficiente información para introducir una orden al precio 'correcto', y el riesgo de no ejecución relacionado con esta introducción no es tan alto ya que el tiempo que queda es limitado y en el último período de la sesión el número de órdenes ejecutadas es alto. Si miramos los dos lados del libro podemos observar que la proporción de nuevas órdenes en el lado de la compra es aproximadamente igual a la proporción de nuevas órdenes introducidas en el lado de la venta. La proporción de transacciones que ocurren durante la sesión diaria (figura 6) sigue una evolución con forma de U, con proporciones más altas al principio y al final del día. Si consideramos los dos lados del libro observamos que la proporción de transacciones en el lado de la venta es más alto que en el lado de la compra en los primeros 30 minutos. En los intervalos de tiempo siguientes la proporción de transacciones en ambos lados es más o menos la mismo.

Los tiempos de ejecución de las órdenes introducidas en diferentes periodos de tiempo de la sesión se representan en la figura 7. En la primera hora y en las últimas dos horas de la sesión el tiempo de ejecución para las nuevas órdenes es más corto que en los

intervalos restantes⁸ y en la mayoría de los casos las órdenes introducidas en el lado de la compra tienen un tiempo de ejecución más corto que las que se introducen en el lado de la venta.

3.8. METODOLOGÍA

Nuestro objetivo es desarrollar un modelo econométrico de la velocidad de ejecución de las órdenes limitadas, incorporando todas las características de la orden y la influencia de las condiciones de mercado. Con este propósito la técnica estadística principal que vamos a usar es el análisis de supervivencia. El análisis de supervivencia es una técnica estadística⁹ que abarca una amplia variedad de métodos para analizar el tiempo de eventos como las vidas, el tiempo de fracaso o tiempo de ejecución. Los datos de tiempo de supervivencia tienen dos características importantes:

- Los tiempos de supervivencia son: no negativos, aleatorios y temporalmente ordenados.
- Normalmente, algunos individuos de la muestra tienen tiempos de supervivencia censurados. Sus tiempos de supervivencia no se observan porque el evento no tiene lugar; si no tenemos en cuenta los datos censurados podemos tener sesgos importantes en las estimaciones.

La técnica parece ser conveniente para modelizar el tiempo de ejecución de las órdenes limitadas. Intentamos estimar la probabilidad condicional, esencialmente la Función de Distribución acumulada del tiempo de ejecución T_k de la orden limitada k-ésima:

$$\Pr(T_k = t \mid X_k, P_k, S_k, I_k)$$

⁸ Obtenemos los mismos resultados en la estimación del modelo del tiempo de ejecución, ver sección 9.

⁹ Ver Cox y Oakes [12], Jenkins [24] y Kalbfleisch y Prentice [23].

donde X_k es un vector de variables explicativas que captura las condiciones de mercado y otra información en el momento de introducción de la orden limitada k -ésima, y P_k , S_k e I_k son el precio de esta orden limitada, el tamaño y el indicador del lado del libro (compra o venta).

Siguiendo el enfoque de Lo et al. [25] proponemos una estimación paramétrica adoptando la distribución gamma generalizada porque anida otras distribuciones (Weibull y Exponencial) como casos especiales. Utilizando la técnica de máxima verosimilitud, estimamos un modelo de tiempo de fracaso acelerado con la forma:

$$T = e^{X\beta} T_0,$$

donde T es el tiempo de ejecución, X es un vector de variables explicativas, β es un vector de parámetros, y T_0 se denomina tiempo de fracaso base y su distribución, distribución base. El tiempo de ejecución T es entonces una transformación escalada del tiempo base, T_0 , donde las variables explicativas y coeficientes determinan la escala. Tras realizar la estimación analizamos los parámetros estimados de la distribución gamma generalizada y concluimos que están significativamente lejos de los valores de los parámetros de la distribución Weibull o Exponencial, por lo que parece apropiado usar la gamma generalizada.

3.9. RESULTADOS EMPÍRICOS

En esta sección vamos a estimar dos modelos diferentes; en un caso, estimamos un modelo para cada activo, mientras en el segundo caso, agrupamos los activos según su nivel de actividad y estimamos un modelo para cada una de las tres submuestras definidas según el nivel de actividad: alto, medio y bajo. Tomamos esta decisión para enfatizar las diferentes características de los activos que pertenecen al IBEX 35.

Estimamos un modelo para el lado de la compra y uno para el lado de la venta, usando el programa STATA 7.0. Los parámetros estimados para las tres muestras, junto con sus errores estándar, son presentados en las tablas 6-8.

Las variables que al final incluimos en este análisis son: el tiempo de ejecución, el volumen (vol), la horquilla relativa (bidask), la agresividad del precio (priceagr), la volatilidad (volat), el nivel de actividad comercial (lord60m), prioridad, percmkc(v), el momento del día (hora_i para $i=1,2,\dots,17$, que refleja la media hora de la sesión en que nos encontramos), el día de la semana (dia_j para $j=1,2,\dots,5$) y el tipo de la última orden introducida (lastlb, lastls, lastmb y lastms).

Presentamos inicialmente algunos resultados generales que se satisfacen en todas las estimaciones realizadas. En la mayoría de los casos el coeficiente asociado al volumen es negativo y significativo para ambos lados, indicando que si el agente quiere negociar un volumen mayor en su orden, el tiempo esperado de ejecución de la orden es más corto. Este resultado es el contrario de lo que podemos encontrar en la literatura y, por esa razón, no apoya la **hipótesis 7**. Puede ser una característica especial del mercado español donde las órdenes más grandes son colocadas principalmente por inversores profesionales que tienen un buen conocimiento de las condiciones del mercado actual y, por consiguiente, introducen sus órdenes cuando estas tienen una probabilidad más alta de ser ejecutadas.

El signo positivo del coeficiente de la horquilla relativa indica que un aumento en la distancia entre los precios de compra y venta provoca un aumento en el tiempo esperado de ejecución. Este resultado implica que las órdenes introducidas cuando la horquilla es ancha son más difíciles de ejecutar debido a los altos costes de transacción asociados, que desincentivan a los agentes que emitirían órdenes de mercado a ejecutar contra las existentes órdenes limitadas (Suhaibani y Kryzanowsky [2]). En este caso el resultado

empírico apoya la **hipótesis 1**. Cho y Nelling [10] obtienen el resultado contrario, pero el coeficiente que obtienen no es claramente significativo: encuentran una evidencia débil de que las órdenes introducidas cuando la horquilla es ancha necesitan menos tiempo para ser ejecutadas. En cualquier caso, parece contraintuitivo que una reducción en la horquilla no implique un tiempo de ejecución esperado a la baja, resultado que si se obtiene en nuestro análisis del mercado español.

El signo negativo de la agresividad de precio demuestra que, como se esperaba, las órdenes más agresivas se ejecutan más rápidamente (Demsetz, [13]). Los inversores que mejoran sensiblemente los precios del libro, deben esperar menos tiempo a que sus órdenes sean ejecutadas; el mismo resultado se puede encontrar en Suhaibani y Kryzanowsky [2] y Lo et al. [25]. Por ello, podemos concluir que la **hipótesis 2** parece cierta. El resultado contrario es obtenido por Cho y Nelling [10]: agentes que introducen órdenes más agresivos esperan mucho más tiempo para que sean ejecutadas; este resultado no es muy intuitivo, ya que el esfuerzo de mejorar el precio se lleva a cabo para acortar la duración de las órdenes introducidas. Su análisis se aplica a algunos activos líquidos del NYSE cuyo nivel de actividad es muy alto. Tal vez lo que sucede es que la horquilla durante la mayor parte del tiempo es un tick, impidiendo las órdenes limitadas agresivas. Si esto es cierto, puede suceder que una ampliación de la horquilla responda a un momento de baja actividad e incertidumbre en el precio del activo, momento en el que ser agresivo puede no tener el efecto deseado, es decir, tal vez en ese contexto, sólo es posible ser agresivo cuando hay incertidumbre y poca actividad, por lo que ambos efectos podrían estar confundiéndose en la estimación realizada.

El coeficiente de prioridad es positivo, como esperábamos, indicando que cuando el número de acciones que tienen prioridad en la ejecución aumenta, el tiempo esperado de

ejecución aumenta, como se recogía en la **hipótesis 4** (Lo et al, [25] obtienen un resultado similar).

El signo negativo del coeficiente del nivel de actividad y de la volatilidad implica que se espera un tiempo más corto de ejecución cuando las condiciones del mercado son más activas y volátiles, tal y como se predice en las **hipótesis 3 y 5**.

Otra variable considerada es el porcentaje de órdenes limitados ejecutados en un lado del libro una hora antes de la colocación de la orden (percmkc para la compra y percmkv para la venta)). Su coeficiente es negativo (la única excepción es el lado de la compra del grupo con nivel de actividad alto). Este signo negativo apunta, por ejemplo, a que el tiempo esperado de ejecución de una orden de compra es más breve cuando hay una preponderancia de órdenes limitadas negociadas en el mismo lado del libro. Es decir, si el número de órdenes limitadas ejecutadas en el lado de la compra aumenta significa que el número de órdenes de mercado introducidas en el lado de la venta ha aumentado, por esa razón hay un incentivo a introducir órdenes limitadas en el lado de la compra, ya que el nivel de actividad es alto y el tiempo esperado de ejecución será más corto. La **hipótesis 6**, por tanto, parece confirmarse.

Hemos dividido la sesión diaria en 17 intervalos de 30 minutos y hemos introducido las dummies para estudiar el efecto del tiempo de colocación de la orden. Los resultados obtenidos dependen de la muestra que estamos manejando y del lado del libro. En el lado de la compra las órdenes introducidas en los primeros 30 minutos de la sesión y la última hora tienen un tiempo esperado de ejecución más corto que en el resto de períodos para las muestras con un nivel de actividad medio y bajo, mientras que para el grupo con un alto nivel de actividad sólo las órdenes introducidas en los últimos treinta minutos de la sesión tienen un tiempo esperado de ejecución más corto. En el lado de la

venta sólo las órdenes colocadas en los últimos 90 minutos tienen un tiempo esperado de ejecución más corto. Estos resultados apoyan la validez de la **hipótesis 9**.

En el caso de los días de la semana podemos observar que en la mayoría de los casos son significativos. No obstante, no muestran un patrón común de comportamiento para todos los activos incluidos en nuestro análisis, parece que cada activo responde a sus propias razones. Para el grupo con alto nivel de actividad podemos observar que el martes (dia2) muestra un tiempo esperado de ejecución más corto que el resto de los días en ambos lados del libro. Para el resto de los grupos el patrón diario es diferente dependiendo del lado del mercado. Por tanto, aunque parece cierto que el día afecta al tiempo de ejecución y, por tanto, la **hipótesis 8** se confirmaría, no encontramos un comportamiento típico para los distintos valores y grupos de actividad analizados.

Cuando un agente quiere colocar una orden limitada puede observar y tener en cuenta el tipo de la última orden introducida en el libro, por lo que puede resultar de interés analizar el efecto de esta variable en la duración de la nueva orden introducida. Si la orden anterior a la colocación es una orden de mercado en el lado opuesto (mismo) del libro, la duración de la nueva orden es más corta (más largo). Este resultado se obtiene para todos los activos y los tres grupos. Probablemente si la última orden limitada se ejecuta en el mismo (opuesto) lado haya un nivel de actividad más alto (bajo) en ese lado del libro. Este resultado confirma la tesis expuesta en la **hipótesis 10**.

Tabla 6: Resultados para el grupo con **alto** nivel de actividad.

	COMPRA			VENTA		
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.00704	0.00049	-14.16	-0.00778	0.0006	-12.92
bidask	30.2126	10.9537	2.76	106.4633	15.0772	7.06
priceagr	-804.6113	36.1107	-22.28	-941.1358	26.2353	-35.87
volat	-4.3211	0.6193	-6.98	-7.7637	1.0906	-7.12
priority	2.54e-06	5.68e-07	4.48	4.87e-06	4.35e-07	11.20
lastlb	-0.1833	0.0605	-3.03	-0.4015	0.0553	-7.26
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.9154	0.0459	-19.93	-0.1642	0.0391	-4.19
lastms	-0.1270	0.0204	-6.23	-0.8565	0.0278	-30.81
Day1	-0.4047	0.0396	-1.02	0.0310	0.0358	0.87
Day2	-0.0799	0.0235	-3.39	-0.0910	0.0281	-3.24
Day3	dropped			dropped		
Day4	0.0254	0.0248	1.02	-0.0283	0.0305	-0.93
Day5	-0.0355	0.0312	-1.14	-0.0304	0.0442	-0.69
Time1	0.2677	0.0515	5.20	0.1524	0.1265	1.20
Time2	0.3225	0.0763	4.23	0.3499	0.0583	6.00
Time3	0.4700	0.0380	12.36	0.2729	0.0771	3.54
Time4	0.4288	0.0967	4.43	0.3135	0.0551	5.69
Time5	0.4085	0.0603	6.77	0.2714	0.0655	4.14
Time6	0.5374	0.0360	14.89	0.3823	0.0689	5.55
Time7	0.5205	0.0376	13.84	0.3830	0.0527	7.26
Time8	0.4917	0.0379	12.96	0.3871	0.0483	8.02
Time9	0.4577	0.0388	11.78	0.3723	0.0492	7.55
Time10	0.5015	0.0391	12.83	0.4936	0.0488	10.11
Time11	0.2047	0.1244	1.65	0.3339	0.0527	6.33
Time12	0.2567	0.0387	6.63	0.2828	0.0671	4.21
Time13	0.1605	0.0388	4.13	0.2009	0.0507	3.96
Time14	dropped			dropped		
Time15	-0.0217	0.0428	-0.51	-0.10255	0.0491	-2.09
Time16	-0.0323	0.0320	-1.01	-0.1863	0.0757	-2.46
Time17	-0.2344	0.0383	-6.12	-0.3122	0.0489	-6.38
percmkc/v	0.2315	0.1047	2.21	-0.5870	0.0809	-7.25
lord60m	-0.1798	0.0188	-9.52	-0.0833	0.0195	-4.27
cons	5.0051	0.1556	32.17	5.0823	0.1092	46.52
/ln sigma	1.29358	0.06382	202.69	1.3464	0.01085	124.10
/kappa	-4.1397	0.04158	-99.55	-4.1387	0.05842	-70.83
sigma	3.6458	0.02327		3.8436	0.04170	

Tabla 7: Resultados para el grupo con nivel de actividad medio.

	COMPRA			VENTA		
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.039489	0.0028	-13.96	-0.04879	0.0033	-14.70
bidask	88.1490	13.4326	6.56	136.3413	6.5968	20.67
priceagr	-524.86	21.3380	-24.60	-514.8436	15.3133	-33.62
volat	-7.2950	1.1604	-6.29	-13.6713	1.2349	-11.07
priority	0.00004	4.60e-06	8.68	0.00004	5.94e-06	7.69
lastlb	0.0993	0.0374	2.66	-0.2046	0.0461	-4.43
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.6222	0.0547	-11.37	-0.3206	0.0395	-8.11
lastms	-0.2396	0.0405	-5.91	-0.4705	0.0496	-9.48
Day1	-0.0681	0.0261	-2.62	0.1237	0.0382	3.24
Day2	-0.1185	0.0264	-4.48	0.0533	0.0377	1.42
Day3	dropped			dropped		
Day4	-0.1268	0.0356	-3.57	0.0354	0.0345	1.03
Day5	-0.0853	0.0267	-3.20	-0.0083	0.0398	-0.21
Time1	-0.3944	0.1324	-2.98	0.0288	0.0865	0.33
Time2	0.1874	0.0468	4.00	0.1966	0.0657	2.99
Time3	0.3687	0.0493	7.48	0.1607	0.0652	2.46
Time4	0.4077	0.0479	8.50	0.3315	0.0537	6.17
Time5	0.4069	0.0494	8.22	0.3739	0.0548	6.81
Time6	0.3555	0.0496	7.15	0.2375	0.0608	3.91
Time7	0.2455	0.0522	4.70	0.3492	0.0559	6.25
Time8	0.2749	0.0528	5.20	0.2051	0.0567	3.61
Time9	0.3532	0.0506	6.98	0.2275	0.0589	3.86
Time10	0.2634	0.0521	5.05	0.3418	0.0601	5.69
Time11	0.2545	0.0606	4.20	0.3796	0.0621	6.10
Time12	0.2312	0.0534	4.33	0.3235	0.0640	5.05
Time13	0.1448	0.0518	2.79	0.1489	0.0651	2.29
Time14	dropped			dropped		
Time15	-0.0119	0.0453	-0.26	-0.1096	0.0505	-2.17
Time16	-0.1676	0.0466	-3.60	-0.2031	0.0651	-3.12
Time17	-0.3571	0.0488	-7.31	-0.4020	0.0511	-7.86
percmkc/v	-0.6573	0.0818	-8.04	-0.3504	0.0564	-6.21
lord60m	-0.3320	0.0188	-17.63	-0.1887	0.0188	-10.03
cons	7.9297	0.1881	42.15	7.0190	0.1066	65.86
/ln sigma	1.34026	0.0119	112.57	1.39737	0.00758	184.35
/kappa	-2.09813	0.0644	-32.57	-2.4076	0.0424	-56.79
sigma	3.82002	0.0454		4.0445	0.0306	

Tabla 8: Resultados para el grupo con **bajo** nivel de actividad.

	COMPRA			VENTA		
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.07691	0.00514	-14.97	-0.05346	0.009299	-5.75
bidask	79.908	13.8562	5.77	132.3964	6.1305	21.60
priceagr	-452.601	11.8744	-38.12	-457.7076	14.4107	-31.76
volat	-10.5047	1.7605	-5.97	-18.5352	1.2462	-14.87
priority	0.00006	7.17e-06	8.76	0.00006	0.00002	3.57
lastlb	0.3123	0.0424	7.37	-0.2167	0.0562	-3.85
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.5565	0.0768	-7.24	-0.3896	0.0435	-8.94
lastms	-0.2456	0.0434	-5.66	-0.3005	0.1139	-2.64
Day1	0.0952	0.0461	2.06	-0.0873	0.0525	-1.66
Day2	-0.0108	0.0435	-0.25	0.0334	0.0487	0.69
Day3	dropped			dropped		
Day4	0.0463	0.0423	1.09	-0.0798	0.0490	-1.63
Day5	-0.0457	0.0419	-1.09	0.0576	0.0478	1.21
Time1	-0.4763	0.1121	-4.25	0.0661	0.0974	0.68
Time2	0.0653	0.0804	0.81	0.1678	0.08677	1.93
Time3	0.3994	0.0806	4.95	0.2284	0.0860	2.66
Time4	0.3636	0.0824	4.41	0.1940	0.0883	2.20
Time5	0.3535	0.0839	4.21	0.0608	0.1054	0.58
Time6	0.2021	0.0859	2.35	0.3463	0.0929	3.73
Time7	0.0930	0.0830	1.12	0.0083	0.0926	0.09
Time8	0.3628	0.0867	4.18	0.0277	0.0943	0.29
Time9	0.1189	0.0907	1.31	0.1230	0.0971	1.27
Time10	0.1566	0.0895	1.75	0.2217	0.0997	2.22
Time11	0.3274	0.0903	3.63	-0.0507	0.0987	-0.51
Time12	0.1486	0.0885	1.68	0.1822	0.1004	1.81
Time13	-0.4701	0.0883	-0.53	-0.0451	0.0967	-0.47
Time14	dropped			dropped		
Time15	-0.0968	0.0801	-1.21	-0.2591	0.0818	-3.17
Time16	-0.1637	0.0758	-2.16	-0.2083	0.0821	-2.54
Time17	-0.3027	0.0757	-4.00	-0.4994	0.0814	-6.14
percmkc/v	-0.5933	0.0643	-9.23	-0.8699	0.0696	-12.50
lord60m	-0.4923	0.0229	-21.51	-0.1834	0.0232	-7.90
cons	9.0299	0.1405	64.28	8.5058	0.1519	55.98
/ln sigma	1.3984	0.00604	231.41	1.43169	0.00665	215.08
/kappa	-1.8376	0.04857	-37.84	-1.62129	0.081278	-19.95
sigma	4.0486	0.0244		4.18577	0.027863	

Tabla 9: Resultados para el grupo con nivel de actividad **alto** en el período 9:00-11:00 (**mañana**).

		COMPRA			VENTA	
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.0062063	0.00108	-5.71	-0.007323	0.00098	-7.40
bidask	100.6421	19.5327	5.15	123.9867	17.7248	7.00
priceagr	-561.5492	42.3221	-13.27	-709.4757	39.6876	-17.88
volat	-1.7365	0.3848	-4.51	-4.5676	0.9741	-4.69
priority	0.00002	2.15e-06	8.37	4.68e-06	2.99e-07	15.66
lastlb	-0.09967	0.0635	-1.57	-0.2812	0.0739	-3.80
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.8752	0.1050	-8.34	-0.1787	0.0608	-2.94
lastms	-0.1663	0.0353	-4.71	-0.7202	0.0499	-14.42
Day1	-0.3228	0.0851	-3.79	-0.0362	0.0689	-0.53
Day2	-0.1556	0.0461	-3.37	-0.1171	0.0487	-2.40
Day3	dropped			dropped		
Day4	-0.2157	0.0423	-5.09	-0.0042	0.0482	-0.09
Day5	-0.1108	0.0440	-5.52	-0.0095	0.0632	-0.15
Time1	-0.0941	0.0556	-1.69	-0.0743	0.095	-0.83
Time2	0.0292	0.0581	0.50	0.0483	0.0428	1.13
Time3	0.1281	0.0597	2.14	-0.0109	0.0583	-0.19
Time4	dropped			dropped		
percmkc/v	0.3011	0.1120	2.69	-1.0500	0.1163	-9.03
lord60m	-0.2364	0.0208	-11.38	-0.0602	0.0242	-2.48
cons	5.3411	0.1570	34.00	4.8441	0.1629	29.74
/ln sigma	1.3418	0.0137	98.12	1.3167	0.0127	103.26
/kappa	-4.919	0.0754	-65.28	-5.1367	0.0746	-68.82
sigma	3.8261	0.0523		3.7308	0.0476	

Tabla 10: Resultados para el grupo con nivel de actividad **alto** en el período 11:00-15:30 (**Mediodía**).

Variable	COMPRA			VENTA		
	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.0099	0.0008	-12.13	-0.0121	0.0010	-11.80
bidask	12.4394	21.6058	0.58	100.4896	23.4618	4.28
priceagr	-930.8218	56.2991	-16.53	-1063.762	43.2077	-24.62
volat	-5.2488	0.8843	-5.94	-12.1974	1.9812	-6.16
priority	7.57e-06	9.81e-06	7.72	5.83e-06	8.23e-07	7.08
lastlb	-0.4005	0.1094	-3.66	-0.5013	0.0830	-6.04
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.8448	0.0358	-23.55	-0.1359	0.0464	-2.93
lastms	-0.2098	0.0332	-6.32	-0.8536	0.0361	-23.62
Day1	0.0317	0.0359	0.88	0.1607	0.0540	2.97
Day2	-0.1807	0.0306	-5.89	-0.0446	0.0434	-1.03
Day3	dropped			dropped		
Day4	0.0533	0.0446	1.20	0.0077	0.0563	0.14
Day5	-0.1558	0.0465	-3.35	0.1776	0.0446	3.98
Time5	0.1651	0.0682	2.42	-0.0846	0.0689	-1.23
Time6	0.3693	0.0443	8.33	0.1964	0.0465	4.22
Time7	0.3441	0.0459	7.48	0.1670	0.0557	3.00
Time8	0.3153	0.0452	6.97	0.1999	0.0518	3.86
Time9	0.3008	0.0448	6.71	0.1651	0.0454	3.64
Time10	0.3431	0.0457	7.55	0.3322	0.0484	6.85
Time11	-0.0881	0.1106	-0.80	0.1132	0.0512	2.21
Time12	0.0989	0.0457	2.16	0.0876	0.0746	1.17
Time13	dropped			dropped		
percmkc/v	0.7411	0.1641	4.52	-0.7865	0.1119	-7.02
lord60m	-0.0703	0.0337	-2.08	0.0404	0.0317	1.27
cons	4.4285	0.3017	14.68	4.6860	0.1939	24.17
/ln sigma	1.3612	0.0072	188.14	1.4073	0.0098	143.95
/kappa	-4.1983	0.0555	-75.68	-4.2946	0.0689	-62.32
sigma	3.9011	0.0282		4.0847	0.0399	

Tabla 11: Resultados para el grupo con nivel de actividad **alto** en el período 15:30-17:30 (**tarde**).

	COMPRA			VENTA		
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.0043	0.0061	-7315	-0.0042	0.0007	-5.85
bidask	165.048	35.1768	4.69	144.299	33.7987	4.27
priceagr	-1043.393	29.3247	-5.58	-1011.268	31.8276	-31.77
volat	-8.5358	0.8065	-10.58	-9.0247	0.8451	-10.68
priority	1.61e-06	6.94e-07	2.32	4.39e-06	8.28e-07	5.30
lastlb	-0.1031	0.0557	-1.85	-0.3226	0.0681	-4.73
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-1.0665	0.0367	-29.07	-0.0979	0.0328	-2.99
lastms	0.0738	0.0320	2.31	-0.9163	0.0343	-26.67
Day1	0.1732	0.0381	4.54	0.0176	0.0430	0.41
Day2	0.0584	0.0531	1.10	-0.0391	0.0436	-0.90
Day3	dropped			dropped		
Day4	0.1708	0.0403	4.24	-0.0359	0.0513	-0.70
Day5	0.1308	0.0445	2.94	-0.1250	0.0531	-2.35
Time14	dropped			dropped		
Time15	-0.0090	0.0371	-0.24	-0.1087	0.0433	-2.51
Time16	-0.0206	0.0324	-0.64	-0.1007	0.0443	-2.27
Time17	-0.2714	0.0364	-7.45	-0.3093	0.0438	-7.05
percmkc/v	-0.2524	0.1061	-2.38	0.2239	0.1070	2.09
lord60m	-0.1615	0.0200	-7.95	-0.1754	0.0238	-7.37
cons	5.2068	0.1671	31.16	5.4636	0.1585	34.47
/ln sigma	1.1511	0.0087	132.87	1.2233	0.0091	133.71
/kappa	-3.1258	0.0412	-75.88	-3.2317	0.0447	-72.26
sigma	3.1618	0.0274		3.3985	0.0311	

Tabla 12: Resultados para el grupo con nivel de actividad **medio** en el período 9:00-11:00 (**mañana**).

		COMPRA			VENTA	
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.0297	0.00726	-4.09	-0.03686	0.0041	-9.07
bidask	116.1743	12.5271	9.27	125.3162	11.0941	11.30
priceagr	-385.1073	31.2927	-12.31	-410.5632	13.6559	-17.36
volat	-3.8211	1.2828	-2.98	-8.5156	1.9651	-4.33
priority	0.00006	5.68e-06	10.65	0.00004	6.43e-06	5.63
lastlb	0.2185	0.0548	3.99	-0.3487	0.0685	-5.09
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.4535	0.0730	-6.21	-0.3825	0.0713	-5.37
lastms	-0.2065	0.0573	-3.60	-0.4917	0.0719	-6.84
Day1	-0.0213	0.0516	-0.41	0.1696	0.0736	2.30
Day2	-0.0738	0.0517	-1.43	0.1245	0.0729	1.71
Day3	dropped			dropped		
Day4	-0.1646	0.0598	-2.75	0.1091	0.0654	1.67
Day5	-0.0095	0.0486	-0.20	0.0466	0.0787	0.59
Time1	-0.6674	0.0795	-8.39	-0.2194	0.0789	-2.78
Time2	-0.2345	0.0446	-5.25	-0.0924	0.0549	-1.68
Time3	-0.0206	0.0459	-0.45	-0.1066	0.0533	-2.00
Time4	dropped			dropped		
percmkc/v	-0.9043	0.1021	-8.85	-0.3765	0.0975	-3.86
lord60m	-0.3435	0.0325	-10.55	-0.1795	0.0348	-5.15
cons	7.8004	0.2425	32.18	6.7593	0.1758	38.45
/ln sigma	1.3381	0.0136	98.04	1.4012	0.0095	147.63
/kappa	-2.5797	0.0510	-50.57	-2.9452	0.0455	-64.64
sigma	3.8120	0.052		4.060	0.0385	

Tabla 13: Resultados para el grupo con nivel de actividad **medio** en el período 11:00-15:30 (**mediodía**).

Variable	COMPRA			VENTA		
	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.0425	0.0045	-9.51	-0.0607	0.0059	-10.27
bidask	97.3817	15.4569	6.30	141.9646	10.3823	13.67
priceagr	-663.9295	12.1711	-54.55	-589.1338	16.9997	-34.66
volat	-14.2620	1.7611	-8.10	-15.5335	1.6578	-9.37
priority	0.00003	3.69e-06	9.43	0.00006	7.36e-06	8.26
lastlb	0.0057	0.0479	0.12	-0.2516	0.0837	-3.00
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.5737	0.0660	-8.69	-0.3520	0.0441	-7.97
lastms	-0.1510	0.0344	-4.39	-0.3510	0.0764	-4.59
Day1	-0.1067	0.0433	-2.46	0.0304	0.0532	0.57
Day2	-0.1636	0.0439	-3.72	0.0509	0.0465	1.09
Day3	dropped			dropped		
Day4	-0.1094	0.0415	-2.63	-0.0079	0.0476	-0.17
Day5	-0.1425	0.0448	-3.18	0.0001	0.0475	0.00
Time5	0.2610	0.0535	4.87	0.2463	0.0717	3.43
Time6	0.2103	0.0553	3.80	0.0840	0.0797	1.05
Time7	0.1011	0.0570	1.77	0.2277	0.0719	3.17
Time8	0.1555	0.0558	2.79	0.0900	0.0729	1.24
Time9	0.2014	0.0551	3.65	0.1050	0.0757	1.39
Time10	0.1357	0.0572	2.37	0.2347	0.0737	3.18
Time11	0.0806	0.0697	1.16	0.2351	0.0761	3.09
Time12	0.1032	0.0595	1.74	0.1712	0.0817	2.10
Time13	dropped			dropped		
percmkc/v	-0.4834	0.0727	-6.65	-0.2053	0.0853	-2.41
lord60m	-0.2806	0.0231	-12.16	-0.2607	0.0286	-9.13
cons	7.7459	0.1237	62.62	7.5030	0.1449	51.78
/ln sigma	1.3616	0.0078	174.47	1.4465	0.0079	181.53
/kappa	-2.2421	0.0430	-52.10	-2.4624	0.0471	-52.22
sigma	3.9025	0.0304		4.2498	0.03387	

Tabla 14: Resultados para el grupo con nivel de actividad **medio** en el período 15:30-17:30 (**tarde**).

	COMPRA			VENTA		
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.0384	0.0026	-14.61	-0.0402	0.0060	-6.75
bidask	137.9753	9.8276	14.04	161.6444	8.8064	18.36
priceagr	-597.9833	16.4762	-36.29	-579.1382	19.6362	-29.49
volat	-11.7344	1.0637	-10.97	-21.1568	1.2967	-16.32
priority	0.00003	6.38e-06	5.38	0.00005	0.00001	4.03
lastlb	0.0234	0.0445	0.53	-0.0082	0.04806	-0.17
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.7846	0.0785	-10.01	-0.1378	0.0385	-3.58
lastms	-0.1011	0.0412	-2.45	-0.3447	0.1023	-3.37
day1	-0.0687	0.0423	-1.62	0.1684	0.0497	3.39
day2	-0.0737	0.0416	-1.77	-0.0157	0.0477	-0.33
day3	dropped			dropped		
day4	0.0467	0.0423	1.10	0.0472	0.0465	1.01
day5	-0.0416	0.0441	-0.94	-0.0586	0.0471	-1.24
Time14	dropped			dropped		
Time15	0.0009	0.0435	0.02	-0.1289	0.0497	-2.59
Time16	-0.1472	0.0440	-3.34	-0.2075	0.0505	-4.11
Time17	-0.3361	0.0488	-6.89	-0.4910	0.0543	-9.04
percmkc/v	-0.6464	0.0778	-8.31	-0.5515	0.0781	-7.06
lord60m	-0.3452	0.0223	-15.45	-0.1195	0.0252	-4.74
cons	8.0581	0.1639	49.16	7.1888	0.1545	46.51
/ln sigma	1.2255	0.0091	134.13	1.2870	0.0093	138.47
/kappa	-1.6420	0.0745	-22.04	-1.7352	0.0784	-22.12
sigma	3.4058	0.0311		3.6219	0.0337	

Tabla 15: Resultados para el grupo con nivel de actividad **bajo** en el período 9:00-11:00 (**mañana**).

	COMPRA			VENTA		
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.0471	0.0065	-7.23	-0.0357	0.0235	-1.52
bidask	107.5601	9.9746	10.78	113.8763	11.02	10.34
priceagr	-365.9916	19.5721	-18.70	-358.7272	13.8708	-25.86
volat	-8.2497	3.1183	-2.65	-8.3738	2.8751	-2.91
priority	0.00015	0.00003	6.16	0.0002	0.00003	8.75
lastlb	0.2775	0.0806	3.44	-0.1063	0.1004	-1.06
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.5444	0.1258	-4.33	-0.4314	0.0851	-5.07
lastms	-0.2980	0.0776	-3.84	-0.6644	0.1794	-3.70
day1	0.1717	0.0856	2.00	0.0955	0.1008	0.95
day2	-0.0133	0.0873	-0.15	0.1698	0.1015	1.67
day3	dropped			dropped		
day4	0.1877	0.0861	2.18	0.0271	0.0999	0.27
day5	-0.0898	0.0866	-1.04	0.2109	0.0976	2.16
Time1	-0.7334	0.1067	-6.88	-0.2020	0.1080	-1.87
Time2	-0.2293	0.0744	-3.08	-0.0458	0.0867	-0.53
Time3	0.0759	0.0856	1.02	0.0754	0.0837	0.90
Time4	dropped			dropped		
percmkc/v	-0.8392	0.1225	-6.85	-0.8579	0.1274	-6.70
lord60m	-0.4114	0.0429	-9.58	-0.2613	0.0469	5.56
cons	8.437	0.219	38.51	8.2439	0.2353	35.04
/ln sigma	1.40007	0.013	107.39	1.4315	0.0130	109.90
/kappa	-2.2867	0.0638	-35.83	-2.017	0.07235	-27.88
sigma	4.0555	0.0528		4.1848	0.0545	

Tabla 16: Resultados para el grupo con nivel de actividad **bajo** en el período 11:00-15:30 (**mediodía**).

Variable	COMPRA			VENTA		
	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.07189	0.0070	-10.22	-0.08310	0.0092	-9.07
bidask	67.5155	17.8327	3.79	127.4024	9.9561	12.80
priceagr	-513.5178	17.7066	-29.00	-504.6234	35.4254	-14.24
volat	-12.0115	4.3129	-2.79	-22.4021	3.1970	-7.01
priority	0.00011	0.00002	5.74	0.00004	0.00002	2.61
lastlb	0.3722	0.0656	5.67	-0.1317	0.0901	-1.46
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.3863	0.1337	-2.89	-0.4646	0.0801	-5.80
lastms	-0.2258	0.0623	-3.63	-0.0443	0.2264	-0.20
day1	0.1069	0.0685	1.56	-0.2329	0.0862	-2.70
day2	-0.0239	0.0676	-0.35	-0.1825	0.0776	-2.35
day3	dropped			dropped		
day4	0.04028	0.0654	0.62	-0.1355	0.0752	-1.80
day5	-0.1289	0.0664	-1.94	-0.0141	0.0758	-0.19
Time5	0.3969	0.0914	4.34	0.0785	0.1085	0.72
Time6	0.2681	0.0928	2.89	0.3838	0.1033	3.72
Time7	0.1391	0.0901	1.54	0.0401	0.1021	0.39
Time8	0.4198	0.0942	4.46	0.1187	0.1024	1.16
Time9	0.2280	0.0964	2.37	0.1611	0.1046	1.54
Time10	0.2087	0.0957	2.18	0.2677	0.1080	2.48
Time11	0.3843	0.0964	3.99	-0.0371	0.1075	-0.34
Time12	0.2198	0.966	2.27	0.2157	0.1086	1.99
Time13	dropped			dropped		
percmkc/v	-0.3577	0.0986	-3.63	-0.8762	0.1130	-7.76
lord60m	-0.5486	0.0367	-15.39	-0.2278	0.0377	-6.05
cons	9.2330	0.1815	50.88	9.0115	0.2885	31.24
/ln sigma	1.4307	0.008192	174.65	1.4629	0.01095	133.56
/kappa	-1.7649	0.074	-23.85	-1.5527	0.168	-9.24
sigma	4.1826	0.034256		4.3183	0.04729	

Tabla 17: Resultados para el grupo con nivel de actividad **bajo** en el período 15:30-17:30 (**tarde**).

	COMPRA			VENTA		
Variable	Coef.	Std Error	z	Coef.	Std Error	z
Vol	-0.0561	0.0082	-6.81	-0.028	0.01225	-2.29
bidask	166.0775	9.8670	16.83	159.5387	10.4082	15.33
priceagr	-488.5414	21.8607	-22.35	-466.1792	18.4601	-25.25
volat	-11.5175	1.7858	-6.45	-20.5726	1.4815	-13.89
priority	0.000046	0.00001	4.49	0.00019	0.000024	8.11
lastlb	0.3216	0.0664	4.85	-0.3098	0.0895	-3.46
lastls	dropped			dropped		
lastmb	-0.4434	0.1508	-2.94	-0.2187	0.0656	-3.33
lastms	-0.0269	0.0636	-0.42	-0.0141	0.169	-0.08
day1	0.0679	0.0743	0.92	-0.0988	0.0836	-1.18
day2	0.0386	0.0717	0.54	0.131	0.0819	1.60
day3	dropped			dropped		
day4	-0.0346	0.0706	-0.49	-0.0797	0.0832	-0.96
day5	0.0153	0.0689	0.22	-0.006	0.0802	-0.08
Time14	dropped			dropped		
Time15	-0.1208	0.0758	-1.59	-0.3018	0.0828	-3.64
Time16	-0.2289	0.0767	-2.98	-0.2759	0.0842	-3.28
Time17	-0.3883	0.0772	-5.03	-0.6239	0.0871	-7.16
percmkc/v	-0.73	0.1037	-7.04	-0.9124	0.1138	-8.01
lord60m	-0.5187	0.0393	-13.20	-0.0879	0.04	-2.19
cons	-3.410	0.2376	9.32	8.3624	0.2207	37.89
/ln sigma	1.2995	0.0090	143.56	1.3329	0.0122	108.98
/kappa	-1.2052	0.1068	-11.28	-1.0787	0.1205	-8.95
sigma	3.6676	0.0332		3.7919	0.04638	

Si la orden anterior es una orden limitada en el mismo (opuesto) lado del libro, implica un aumento en la profundidad en el mismo (opuesto) lado y, por consiguiente, la probabilidad de ejecución de la orden limitada disminuye (aumenta) ya que es menos (más) atractiva y la duración es más larga (más corto). Esto se cumple para todos los activos y los tres grupos excepto el caso de la muestra con un alto nivel de actividad en el lado de la compra. Más en detalle, SCH, TEF y TRR tienen un coeficiente negativo que muestra que si la orden anterior es una orden limitada de compra la duración de la

nueva orden limitada de compra es más corta. Una posible explicación puede deberse a que estos valores son muy activos y muy conocidos, y éste es un período de gran expansión para ellos. En mercado podemos encontrar muchos agentes, algunos de ellos informados y el resto no. Los agentes no informados a veces tratan de imitar las acciones de los agentes que parecen informados, así la sucesión de órdenes limitadas de compra puede explicarse como un proceso de imitación (Biais et al, [7]).

También analizamos la robustez en la dirección del efecto que las variables explicativas pueden tener dependiendo del período de la sesión, así como la existencia de posibles patrones de comportamiento en la magnitud de dichos efectos. Los resultados se presentan en las tablas 9-17. Hemos dividido la sesión comercial en tres períodos tras observar las figuras 3 y 4: mañana o período de apertura (9:00-11:00), período intermedio (11:00-15:30) y tarde o período de cierre (15:30-17:30).

Como hemos observado antes, el volumen tiene un coeficiente negativo. Esto se mantiene para todos los períodos de la sesión comercial pero el efecto es más acusado en el período intermedio (cuando la incertidumbre se ha reducido) y se hace más débil en el período de cierre y de apertura para todos los grupos en ambos lados del mercado.

Sobre la agresividad de precio, se ha concluido que un aumento en la agresividad de la orden reduce el tiempo esperado de ejecución, comportamiento que se mantiene. De nuevo, en este caso, el efecto más fuerte se obtiene en el período intermedio (excepto la muestra con un nivel de actividad alto dónde el efecto es más fuerte por la tarde). El efecto más débil se observa por la mañana, probablemente porque durante el mismo las mejoras de precio se usan más por los agentes como un instrumento para el descubrimiento del precio que como un instrumento para acelerar el tiempo de ejecución.

La horquilla relativa muestra, al igual que anteriormente, un coeficiente positivo. Esto es verdad para todos los períodos de la sesión comercial, pero el efecto más fuerte se obtiene al principio y al final de la sesión comercial, cuando hay más incertidumbre. Esto se observa para todos los grupos en el lado de la compra y para el grupo con un alto nivel de actividad en el lado de la venta; en el resto de los casos (en las muestras con nivel de actividad bajo y medio en el lado de la venta) el efecto logra el valor más pequeño por la mañana¹⁰.

La volatilidad tiene un coeficiente negativo, de nuevo el signo se mantiene, tomando el valor más grande en el período intermedio, un poco más pequeño por la tarde y todavía más pequeño por la mañana. Puede observarse que el efecto más fuerte se obtiene cuando, por término medio, la volatilidad en el mercado es pequeña y viceversa (figura 4). La única excepción se da para el grupo con actividad media (en el lado de la venta) y alta (en el lado de la compra) que siguen un modelo creciente en lo que a magnitud del efecto se refiere.

Si la prioridad aumenta, el tiempo esperado de ejecución aumenta también. En el lado de la compra el efecto parece ser más intenso en el período de apertura, cuando el mercado está intentando descubrir el precio y se introducen muchas órdenes, mientras el efecto va decreciendo paulatinamente a lo largo de la sesión. En el lado de la venta este efecto es más alto en el período intermedio, un poco más pequeño por la mañana y alcanza el punto más bajo en el período de cierre. Esto se puede apreciar para los grupos con un nivel de actividad alto y medio, mientras el grupo de nivel de actividad bajo sigue el patrón opuesto.

El porcentaje de órdenes ejecutadas en un lado del libro una hora antes de la colocación tiene un coeficiente negativo. Para el grupo de actividad comercial bajo y medio este

¹⁰ Probablemente es el resultado del nivel de actividad comercial

efecto se magnifica al principio y al final del día, cuando hay muchas órdenes introducidas y ejecutadas. Para el grupo alto no hay patrón visible, aunque de nuevo mantiene la dirección del efecto.

Si la última orden introducida es una orden de mercado en el lado opuesto del libro el coeficiente es negativo y su efecto crece a lo largo de la sesión. El efecto más fuerte se observa por la tarde.

Si la última orden introducida es una orden de mercado en el mismo lado del libro, el efecto en el tiempo esperado de ejecución es negativo y, en general, va disminuyendo durante la sesión diaria. Si la última orden introducida es una orden limitada no hay ningún comportamiento característico a lo largo de la sesión y muchos coeficientes resultan ser no significativos.

3.10. CONCLUSIONES

En este capítulo hemos analizado la microestructura de la Bolsa de valores española desde el punto de vista de la velocidad de ejecución de las órdenes limitadas y, más precisamente, tratábamos de analizar el impacto que algunas variables inherentes a la orden emitida así como otras que podemos encontrar en el mercado tienen en el tiempo que la orden tarda en ser ejecutada. Hemos estimado el modelo separadamente para cada activo, para las tres muestras clasificadas según el nivel de actividad comercial y para cada lado del mercado; los resultados son similares para todos los activos. Utilizamos el análisis de supervivencia, que tiene en cuenta las observaciones censuradas de nuestro dataset y, por tanto, minimiza su impacto en los resultados. Encontramos que los tiempos de ejecución son sensibles a algunas variables explicativas como la horquilla relativa, la agresividad del precio, la volatilidad y el nivel

de actividad comercial. Las órdenes limitadas con un precio igual al mejor precio en el mercado o mejorando a este tienen un tiempo esperado de ejecución más corto. También, el tiempo de ejecución es más corto cuando el valor es más volátil y activo. El momento del día afecta al tiempo esperado de ejecución; para órdenes introducidas en el lado de la compra durante los primeros 30 minutos y la última hora de la sesión comercial, el tiempo de ejecución esperado es más corto que durante el resto del día, mientras en el lado de la venta sólo las órdenes emitidas durante los últimos 90 minutos tienen un tiempo esperado de ejecución más corto. También el tipo de la última orden introducida antes de la colocación afecta a la duración de la nueva orden limitada. Por ejemplo, si la orden anterior es una orden de mercado en el lado opuesto del libro el tiempo esperado de ejecución de la nueva orden limitada es más corto porque en este lado del mercado hay mucha actividad y la probabilidad de ejecución es más alta.

Por último, con el objeto de estudiar la robustez de estos resultados al período del día, hemos dividido la sesión comercial en tres submuestras para estudiar cómo las variables explicativas afectan de forma diferente al tiempo esperado de ejecución a lo largo de la sesión comercial. Los resultados en este caso confirman lo comentado anteriormente a la vez que permiten detectar patrones de comportamiento a lo largo de la sesión.

APÉNDICE

Lista y distribución de los activos en las tres muestras según la actividad

Dividimos los activos en tres muestras según el nivel de actividad de negociación, que se calcula como el logaritmo del número de transacciones que ocurrieron una hora antes de la colocación. Todos los activos con un nivel de actividad mediano mas bajo que 3.8, pertenecen a la muestra de actividad baja (L). Si los activos presentan valor para la actividad mediana entre 3.8 y 5, pertenecen a la muestra de actividad media (M) y, finalmente, si los activos tienen una actividad mediana superior a 5, se asignan al grupo de actividad comercial alto (H).

Acesa	ACE	L	Ferrovial	FER	M
Aceralia	ACR	M	Iberdrola	IBE	M
Actividades Construcción Servicios	ACS	L	Indra	IDR	M
Acerinox	ACX	L	NH Hoteles	NHH	L
Aguas de Barcelona	AGS	L	Banco Popular	POP	M
Corporación Financiera Alba	ALB	L	Pryca	PRY	L
Altadis	ALT	M	Red Eléctrica de España	REE	L
Amadeus A Privilegiadas	AMS	M	Repsol	REP	H
Acciona	ANA	L	(Banco)Santander Central Hispano	SCH	H
Banco Bilbao Vizcaya Argentaria	BBVA	H	Sogecable	SGC	M
Bankinter	BKT	M	Sol Meliá	SOL	M
Hidrocantábrico	CAN	L	Telefónica	TEF	H
Continente	CTE	L	Telefónica Publicidad e Información	TPI	M
Gas Natural	CTG	L	Telepizza	TPZ	M
Grupo Dragados	DRC	M	Terra	TRR	H
Endesa	ELE	H	Unión Fenosa	UNF	M
Fomento de Construcción Contratas	FCC	M	Grupo Vallehermoso	VAL	L

REFERENCIAS

- [1] Admati, A., Pfleiderer, P., (1988), 'A theory of intraday patterns: Volume and price volatility', *The Review of Financial Studies* 1, 3-40.
- [2] Al- Suhaibani, M. y L. Kryzanowsky (2000) 'An Explanatory Analysis of the Order Book, and Order Flow and Execution on the Saudi Stock Market', *Journal of Banking & Finance* 24: 1323-1357.
- [3] Abad, D., (2003) 'Agresividad de las órdenes: Estrategias, Determinantes y Medida de Performance', Chapter 2 Ph. D Thesis 'Aspectos Relevantes del diseño microestructural: el caso español', Universidad de Alicante.
- [4] Abad, D. y Tapia, M., (2003) 'Impacto de cambios en los ticks: la introducción del euro en el Mercado bursátil español', *Revista de Economía Financiera*, 3:26-63.
- [5] Angel, J., (1994) 'Limit versus Market Orders', Working Paper No. FINC-1377-01-293, School of Business Administration, Georgetown University, Washington, DC.
- [6] Beber, A., Caglio, C. (2003) 'Order Submission Strategies and Information: Empirical Evidence from the NYSE', Working Paper NEWFIN 4/03, Bocconi University.
- [7] Biais, Bruno, Pierre Hillion, y Chester Spatt (1995) 'An Empirical Analysis of the Limit Order Book and the Order Flow in the Paris Bourse', *The Journal of Finance*, 50: 1665-1689.
- [8] Blanco, R., (1999) 'Análisis de la liquidez en el mercado español de renta variable e impacto de las regulaciones sobre variaciones mínimas de precios', *Banco de España-Servicio de Estudios*, Estudios Económicos, 66: 19-62.
- [9] Chan, K., Chung, P., Johnson, H., (1995), 'The intraday behavior of bid ask spreads for NYSE stocks and CBOE options', *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 30 (3), 329-346.

- [10] Cho, J. W., Nelling, E. (2000) 'The Probability of Limit Order Execution', *Financial Analysts Journal* 56: 28-33.
- [11] Cohen, K., Maier, S., Schwartz, R., Whitcomb, D. (1981) 'Transaction Costs, Order Placement Strategy, and the Existence of the Bid-Ask Spread', *Journal of Political Economy*, 89: 287-305.
- [12] Cox, D. R., Oakes, D. (1984), *Analysis of Survival Data*, Chapman and Hall, New York.
- [13] Demsetz, H., (1968), "The cost of transacting", *Quarterly Journal of Economics*, 82: 33-53
- [14] Ellul A., C.W. Holden, P. Jain y R. Jennings (2005), 'Order Dynamics: Recent Evidence from the New York Stock Exchange', Working Paper, Indiana University, <http://kelley.iu.edu/cholden/Order%20Dynamics%2005-05-19.pdf>.
- [15] Foucault, Thierry (1999) 'Order Flow Composition and Trading Costs in a Dynamic Limit Order Markets', *Journal of Financial Markets*, 99-134.
- [16] Foucault, T., Kadan, O., y Kandel, E. (2005) 'Limit Order Book as a Market for Liquidity', *Review of Financial Studies*, forthcoming.
- [17] Glosten, L. (1994) 'Is the Electronic Open Limit Order Book Inevitable?', *Journal of Finance*, 59: 1127-1161.
- [18] Griffiths, M., Smith, B., Turnbull, D. y White, R. (2000) 'The costs and determinants of order aggressiveness', *Journal of Financial Economics*, 56: 65-88.
- [19] Harris, Lawrence (1996), *Does a Minimum Price Variation Encourages Order Exposure?*, Working Paper, Marshall School of Business.
- [20] Handa, Puneet, y Robert Schwartz (1996) 'Limit Order Trading', *The Journal of Finance*, 51: 1835-1861.

- [21] Handa, P., Schwartz, R., Tiwari A. (2003) 'Quote setting and price formation in an order driven market', *Journal of Financial Markets*, 6: 461-489.
- [22] Hollifield, Miller y Sandas (2004), 'Empirical Analysis of Limit Order Markets', *Review of Economic Studies*, forthcoming.
- [23] Kalbfleisch, John D., y Prentice Ross I, (1980), 'The Statistical Analysis of Failure Time Data', Wiley, New York.
- [24] Jenkins, S. (2004) 'Survival Analysis', web page author.
- [25] Lo, Andrew W., Mackinlay y June Zhang (2002), 'Econometric Model of Limit Order Executions', *Journal of Financial Economics*, 65: 31-71.
- [26] Madhavan, Ananth (1992), 'Trading mechanism in securities markets', *Journal of Finance*, 47: 607-641.
- [27] Madhavan, Ananth (2000), 'Market Microstructure: A Survey', *Journal of Financial Markets*, 3: 205-258.
- [28] Martinez, M. A., Rubio, G., y Tapia, M., (2000) 'Understanding the Ex ante cost of liquidity in the Limit Order Book: A Note.', Working Paper.
- [29] Niemeyer, J , Sandas Patrick (1995), 'An Analysis of the Trading Structure at the Stockholm Stock Exchange', Working Paper, Stockholm School of Economics.
- [30] Parlour, Christine (1998) 'Price Dynamics and Limit Order Markets', *Review of Financial Studies*, 789-816.
- [31] Pardo, A. y Pascual, R. (2004) 'On the Hidden Side of Liquidity', Working Paper.
- [32] Pascual, R. y Veredas, D., (2004) 'What pieces of limit order book are informative?', Working Paper.
- [33] Rinaldo, A. (2004) 'Order aggressiveness in the limit order book markets', *Journal of Financial Markets*, 7: 53-74.

[34] Rubio, G. y Tapia, M. (1996) ‘Adverse Selection, volume and transactions around dividend announcements in a continuous auction system’, *European Financial Management*, 2: 39-67.

[35] Sociedad de Bolsas (2001), ‘The Spanish Stock Exchange Interconnection System: Market Model’, Sociedad de Bolsas, <http://www.sbolsas.com/home.htm>.

CAPÍTULO 4

CANCELACIONES EN LA BOLSA DE VALORES ESPAÑOLA: TIPOS Y DETERMINANTES

RESUMEN

La Bolsa de valores española es un mercado transparente dónde los agentes pueden observar el libro de órdenes y tienen la opción de cancelar las órdenes limitadas que aún permanecen en el libro a la espera de ser ejecutadas. La opción puede ser utilizada si las condiciones de mercado no son las esperadas o también como una forma de descubrir más información sobre el mercado en períodos de incertidumbre.

Vamos a estudiar los factores empíricos que afectan a las cancelaciones en el mercado español. En general, órdenes que se cancelan muy rápidamente después de su introducción en el mercado tienen probablemente el objetivo de recolectar información, mientras las cancelaciones de órdenes que tienen lugar tras períodos más largos están probablemente inspiradas por los cambios en las condiciones del mercado.

Estamos interesados en averiguar qué factores y de qué modo influyen la decisión de cancelar en ambos casos. En el primer caso usamos un modelo logit multinomial para testar la estrategia de introducción/cancelación de la orden, ya que cuando la orden se emite la decisión de cancelarla ya ha sido tomada. Parece que la probabilidad de introducir una orden exploratoria aumenta con la horquilla, la volatilidad, el nivel de actividad comercial, además de estar relacionada con el tipo de orden introducida anteriormente a la nueva orden.

En el caso de una cancelación determinada por el cambio en las condiciones de mercado vamos a utilizar un modelo de probabilidad tipo logit. Los resultados apuntan a que la decisión de cancelar está relacionada con la horquilla y la volatilidad calculada en el momento de la cancelación, el cambio en el número de negociaciones en el mercado, el movimiento del orden a lo largo de los niveles del libro así como el nivel en el que la orden se introduce.

4.1 INTRODUCCIÓN

Muchos mercados de activos permiten a los agentes introducir órdenes limitadas y órdenes de mercado.

Las órdenes limitadas son almacenadas en el Libro de Órdenes (LOB), y la información sobre el estado del libro puede consultarse en tiempo real por los participantes del mercado. La elección entre órdenes de mercado y órdenes limitadas se ve influenciada por las condiciones del mercado, como la volatilidad del precio, el nivel de actividad comercial y las reglas de negociación. Un factor potencialmente importante viene dado por la existencia de una opción para cancelar una orden limitada cuando no se ha ejecutado. Esta opción se permite en varios mercados bursátiles, incluido el español.

En principio, hay dos razones distintas para cancelar una orden. Primero, el comerciante puede haber introducido un orden sólo para adquirir información sobre el estado del mercado, es decir, para ver cómo el precio de equilibrio y las cantidades cambian cuando se introduce la nueva orden. Estas órdenes “exploratorias” o “fleeting” son canceladas poco después que la información se obtiene, por lo que debemos esperar un período muy corto de tiempo entre la colocación de la orden y su cancelación.

Segundo, las cancelaciones pueden ocurrir porque los cambios en las condiciones del mercado inducen al trader a modificar la orden. En estos casos la orden introducida inicialmente es “seria”, es decir, el comerciante espera negociar al precio especificado, pero nueva información puede hacer ver al agente que la orden inicialmente emitida no es la opción mejor en el futuro, por lo que procedería a cancelar. En tales circunstancias, las cancelaciones tardan más tiempo y tendrían que ocurrir sólo cuando las condiciones del mercado cambian.

Este capítulo de la tesis analiza empíricamente los determinantes de la decisión de cancelar en la bolsa de valores española. Nuestra base de datos proporciona información sobre las cinco mejores ofertas de compra y de venta del libro para cada activo en cada momento y las negociaciones. El dataset incluye todos los activos que pertenecen al IBEX 35 (el índice de los activos más negociados en España) en el período entre julio y septiembre del 2000.

Para estudiar el problema estimamos primero un logit multinomial para cada activo considerando las siguientes alternativas: (i) no participar en el mercado, (ii) introducir una orden de mercado, (iii) introducir una orden limitada “seria” y (iv) introducir una fleeting orden.

Según el trabajo de Hasbrouck y Saar [16], identificamos empíricamente una orden como fleeting si ha sido cancelada antes de un periodo de corte y como orden limitada

sería si ha sido cancelada después del periodo de corte. A través de este análisis, queremos descubrir las condiciones bajo las cuales un comerciante va a escoger un cierto tipo de orden o ninguna orden en absoluto. Así, las variables explicativas tienen que ser tomadas en el momento en que el orden se ha introducido, dado que la decisión se toma basándose en la información disponible cuando la orden se emite.

Los resultados obtenidos para las órdenes de mercado, órdenes limitadas y no actividad confirman los que han sido proporcionados por la literatura teórica y empírica, que podemos encontrar resumidos en Ellul et al. [10]. Sobre las órdenes *fleeting*, encontramos que su introducción está positivamente relacionada con la volatilidad, la horquilla, el nivel de actividad comercial y el tipo de orden introducida antes de la nueva orden. Por otro lado la profundidad no parece ser importante, probablemente porque se supone que las órdenes fugaces no van a ser realmente ejecutadas.

El siguiente paso es explorar los cambios de las condiciones de mercado que pueden causar la cancelación de una orden seria. En este caso, consideraremos las órdenes que son canceladas después que transcurra un tiempo mayor al periodo de corte desde su emisión. Observamos la historia de las variables explicativas tanto en el momento en que la orden se ha introducido como en el momento en que se ha cancelado. Utilizamos un modelo de probabilidad de tipo logístico en qué la variable dependiente es el indicador de la cancelación (se cancela o no). Las variables explicativas tienen en cuenta la evolución de las condiciones del mercado desde la colocación de la orden e incluyen, entre otras, el nivel del libro en qué la orden se ha introducido, el movimiento de las órdenes a lo largo de los niveles del libro (pierde o gana niveles), el aumento o caída en el número de transacciones presentes en el mercado,... Observamos que la decisión de cancelar se ve influenciada por la horquilla y la volatilidad en el momento

de la cancelación, el cambio en el número de transacciones, el movimiento de la orden a lo largo de los niveles del libro y el nivel en que la orden se introduce.

El resto del capítulo se organiza como sigue. La próxima sección contiene una revisión breve de la literatura. La sección 3 describe las características institucionales del SIBE y la base de datos que vamos a utilizar, proporcionando a su vez un análisis descriptivo del flujo de órdenes en la Bolsa de valores española. Estimamos los modelos en la sección 4 analizando sus resultados para finalizar con la sección 5, que contiene las conclusiones.

4.2. LITERATURA RELACIONADA

El papel que las cancelaciones juegan como parte de una estrategia óptima de negociación dinámica sólo se ha analizado recientemente. Desde el punto de vista teórico, Harris [14] propone un modelo dinámico en que un comerciante intenta minimizar el precio de compra de una cantidad fija sujeto a una fecha tope. La estrategia óptima consiste inicialmente en introducir una orden limitada, después cancelarla, e introducir de nuevo la orden con un precio mas agresivo ya que la fecha limite se va acercando y, finalmente, si es necesario, emitir una orden de mercado.

Large [18] considera un modelo en que los comerciantes no conocen exactamente la distribución subyacente del valor del recurso. En algún sentido, las órdenes limitadas son más arriesgadas que las órdenes de mercado, ya que pueden no ejecutarse o tener una ejecución tardía. Los participantes del mercado neutrales al riesgo contraponen el coste de inmediata ejecución contra el coste de ejecución tardía. La ejecución inmediata se realiza a un precio poco atractivo, mientras la ejecución tardía es costosa porque los agentes son impacientes. Esto hace que se escoja estratégicamente entre órdenes

limitadas y de mercado, pero fijan el precio de las órdenes limitadas competitivamente teniendo en cuenta el mejor precio existente en el libro.

Los comerciantes llegan al mercado sin conocer el estado, pero aprenden rápidamente, simplemente introduciendo una orden limitada y observando cómo evoluciona el mercado. Si la incertidumbre se resuelve rápidamente, las órdenes limitadas se emiten y cancelan rápidamente. Así, las órdenes *fleeting* serán observadas como parte de una estrategia óptima. La incertidumbre puede incentivar la colocación de órdenes limitadas, ya que la opción de cancelar reduce el *downside risk*, mientras el *upside risk* es constante.

El artículo demuestra que en ausencia de asimetrías informativas, la opción de cancelar una orden puede estrechar la horquilla. Así, la posibilidad de cancelar incentiva la provisión de liquidez.

Desde el punto de vista empírico, varios papeles han analizado las cancelaciones en el mercado bursátil francés, de EE.UU. y español.

Biais et al. [5], en su análisis del mercado bursátil de París, consideran estrategias de órdenes de diferente agresividad, donde la cancelación es la categoría menos agresiva.

Hasbrouck y Saar [15] introducen el concepto de órdenes *fleeting* como órdenes que son canceladas casi inmediatamente después de su colocación en el mercado. Observan que más de un cuarto de las órdenes limitadas emitidas en “Island ECN” son canceladas en caso de no ser ejecutadas en dos, o menos, segundos. Ésta es una porción sustancial del flujo de órdenes, y cuestiona la caracterización usual de los agentes que introducen órdenes limitadas como pacientes proveedores de liquidez.

Los autores proporcionan algunas motivaciones para la emisión de órdenes limitadas *fleeting*. Una posibilidad es que “Island” recibe las órdenes de los sistemas automatizados de órdenes que actúan como agentes inteligentes para las órdenes del

cliente. Las estrategias frecuentemente utilizadas por estos sistemas involucran las tentativas sucesivas para lograr la ejecución en los diferentes centros de mercado. Otra posible razón es que los agentes que introducen la orden quieren averiguar si existen órdenes de volumen oculto que mejoran el precio en el lado opuesto del libro. En este escenario, una orden *fleeting* representa a un demandante de liquidez, en lugar de un proveedor. Finalmente, otra razón plausible para las órdenes limitadas *fleeting* es una de manipulación, conocida como “spoofing”. La idea es introducir una orden visible en el lado opuesto de la negociación al que se desea auténticamente para que el precio se mueva favorablemente. Por ejemplo, un vendedor podría anunciar una pequeña orden de compra con un precio mayor al precio de compra actual para convencer a otros compradores a negociar o sobrepujar (mejorando el precio). Si esto ocurre, el comerciante puede vender a un precio más alto. Esta práctica se ve como sospechosa por parte de las autoridades reguladoras porque proporciona información engañosa sobre el precio, Connor [7]. En un reciente trabajo Hasbrouck y Saar [16] han demostrado que el motivo principal por el cual se colocan órdenes *fleeting* es para descubrir órdenes ocultos introducidos en la horquilla de precios.

Ellul et al. [10] analizan los determinantes de la estrategia de colocación electrónica de la orden usando los datos de la bolsa de valores de Nueva York aplicando un modelo logit multinomial. Descubren que si la horquilla es más ancha (más estrecha) aumenta la probabilidad de introducir una orden limitada (de mercado), una mayor profundidad permite una demanda neta de liquidez y rentabilidades positivas para el activo (mercado) llevan a la colocación de un mayor número de órdenes de venta (compra). Información privada favorable (desfavorable) aumenta la probabilidad de órdenes de compra (venta).

Para el mercado español, Abad y Tapia [2] analizan las consecuencias de la existencia de una variación del precio mínimo (tick) para diferentes variables de mercado. Se centran en la conducta de la horquilla, profundidad del mercado, nivel de actividad comercial y volatilidad en las estrategias de colocación de la orden por parte del inversionista. Consideran el cambio de tick que tuvo lugar durante la preparación para la introducción del euro en 1999. Este evento les permite obtener una muestra de activos con un tamaño reducido del tick y otra cuyo tick aumentó ligeramente. Observan que los activos que experimentan un aumento en el tick tienen un número más alto de cancelaciones.

Pascual y Veredas [21] analizan qué parte de información del libro es importante para explicar el tiempo entre dos transacciones consecutivas, la introducción de órdenes limitadas y dos cancelaciones en la Bolsa de valores española. Sólo la horquilla muestra un efecto significativo y fuerte. Cuando la horquilla aumenta el tiempo entre dos negociaciones consecutivas aumenta, mientras que disminuye entre la introducción de órdenes limitadas y entre dos cancelaciones en ambos lados del libro.

Pardo y Pascual [19] proporcionan el primer estudio centrado en las órdenes ocultas aplicado a la Bolsa de valores española y clarifican cómo las órdenes ocultas funcionan en este mercado. Su objetivo es determinar si las órdenes ocultas son propias de los agentes informados o de los que actúan por liquidez. Señalan que las órdenes ocultas son colocadas normalmente por grandes inversores que actúan por motivos de liquidez (institucional). Encuentran que no hay impacto significativo en precios o volatilidad asociado a la colocación de órdenes descubiertos. Por último, muestran que el descubrimiento de órdenes limitadas ocultas temporalmente aumenta la agresividad de otros agentes en el lado opuesto del mercado.

Finalmente, Crowley y Sade [8] han analizado experimentalmente si la habilidad de los agentes de cancelar las órdenes antes de su potencial ejecución puede influenciar a variables asociadas al precio, así como al volumen y número de transacciones. Sus resultados indican que la opción de cancelar afecta al volumen negociado más que a las variables asociadas al precio. El número de órdenes introducidas y el número de transacciones son más altos cuando a los agentes se les permite cancelar las órdenes.

El papel más relacionado con nuestro trabajo es el de Ellul et al. [10]. Usamos un modelo econométrico similar, un logit multinomial en que los agentes escogen entre diferentes estrategias de introducción de órdenes, pero nosotros agregamos como posible opción estratégica la posibilidad de introducir órdenes *fleeting*. Mostramos que la probabilidad de colocar una orden *fleeting* aumenta si aumenta la volatilidad, la horquilla, el nivel de actividad comercial, y cuando la orden anterior es una orden de mercado. Además, para el resto de posibilidades los resultados que obtenemos son similares a los obtenidos por Ellul et al [10]. Esto confirma que las órdenes *fleeting* son distintas de otras órdenes limitadas y merecen ser tratadas por separado.

4.3. LA BOLSA DE VALORES ESPAÑOLA Y LA BASE DE DATOS

En esta sección vamos a presentar brevemente las características institucionales del mercado bursátil español, conocido como SIBE (véase [24]), y la base de datos que vamos a utilizar (para una descripción más completa véase Gava [12]). Proporcionamos, además, una descripción del flujo de órdenes y su composición durante el día de negociación.

4.3.1. Características institucionales del SIBE

El mercado español es un mercado dirigido por órdenes, con proveedores de liquidez para determinadas acciones. El mercado ofrece información en tiempo real sobre la actividad de negociación, así la transparencia se garantiza totalmente. Permanece abierto de lunes a viernes en días laborables. El día de negociación se compone de tres periodos diferentes. Hay dos subastas: una al principio de la sesión comercial, llamada Subasta de Apertura, y la otra al final del día, llamada subasta de cierre. La primera dura 30 minutos, abriendo a las 8:30, con un periodo de 30 segundos de cierre aleatorio para prevenir la manipulación del precio. La segunda tiene lugar entre 5:30pm y 5:35pm, con las mismas características de la subasta de apertura. Durante las subastas las órdenes pueden ser introducidas, modificadas, canceladas, pero ninguna orden se ejecuta. Después del cierre aleatorio, el periodo de asignación de las órdenes empieza, durante el cual las acciones relacionadas con las órdenes sujetas a la ejecución al precio fijado por la subasta se negocian.

Entre las dos subastas tenemos el período de Mercado Abierto, que funciona entre las 9 a.m. y las 5:30 p.m. Durante este período las órdenes pueden ser introducidas, modificadas, alteradas, canceladas y ejecutadas al precio especificado según las normas de mercado abierto. El libro de órdenes está abierto y visible para todos los miembros del mercado y las órdenes con el mejor precio (para la compra el precio más alto y para la venta el más bajo) tienen la prioridad en el libro. Cuando los precios son el mismo, las órdenes que entraron primero tienen la prioridad. Además, las órdenes de mercado introducidas en el sistema son ejecutadas al mejor precio del lado opuesto del libro. Las órdenes pueden (en uno o varios pasos), ejecutarse parcialmente, ser canceladas o no ejecutarse, por lo que cada orden puede generar varias transacciones.

Las órdenes pueden incorporar volúmenes ocultos, caso en el que sólo una parte del volumen a negociar es visible en el sistema pero (de forma diferente a lo que ocurre en el mercado de ECN analizado por Hasbrouck y Saar [16]) no se permiten las órdenes completamente ocultas¹

Una vez que el volumen visible se ha ejecutado, el resto es considerado como una orden de volumen oculto recientemente introducida (iceberg). Las órdenes en el SIBE pueden ser válidas para los períodos siguientes de tiempo: durante un día; hasta una fecha específica, hasta la cancelación. Las órdenes con una validez mayor a un día mantienen su prioridad en el sistema de acuerdo con su precio y tiempo de entrada. Cuando se modifica una orden pierde la prioridad, un nuevo número de orden se genera y entra en el sistema como una orden recientemente introducida.

4.3.2. Datasets

La base de datos de las órdenes introducidas, sus duraciones y finalización (cancelación, ejecución o expiración) no se encuentran explícitamente disponibles, por lo que resulta necesario obtener estos datos combinando las tres base de datos que nos ha proporcionado *Sociedad de Bolsas*, la compañía que se encarga del SIBE.

Vamos a describir brevemente la información disponible en las tres base de datos y los algoritmos que hemos utilizados; para una descripción más completa puede consultarse el capítulo II de esta tesis.

El archivo MP contiene la información sobre el libro de órdenes tal y como es disponible para los participantes del mercado. Podemos observar los cinco mejores niveles en el lado de la compra y de la venta del libro; cada nivel contiene el precio de

¹ Vea a Pardo y Pascual [19] para una discusión sobre el papel de las órdenes con volumen oculto en el

las órdenes que lo componen, el volumen total y el número de órdenes limitadas presentes a este precio. Todos los eventos que llevan a una modificación potencial del libro de órdenes son registrados en tiempo real.

El archivo SM contiene información sobre el volumen y precio del mejor nivel de compra y de venta. Todas las modificaciones que ocurren en el primer nivel se graban y pueden ser utilizadas para averiguar el evento que causó la modificación en el libro. El volumen acumulado que se ha negociado a lo largo de la sesión también consta, así como el precio al que se intercambia la última unidad de la última transacción.

El archivo BASA contiene la información desagregada de las transacciones, ofreciendo su volumen, precio y momento en que ocurrieron durante la sesión comercial.

Las bases de datos pueden combinarse para encontrar la información sobre los eventos que han generados los cambios en el libro de órdenes. Es decir, combinando la información contenida en las base de datos podemos obtener para cada lado del mercado las nuevas órdenes introducidas con sus precios, volumen, momento de introducción, así como de las transacciones y cancelaciones que ocurrieron durante la sesión comercial².

De esta manera obtenemos una base de datos compuesta por las nuevas órdenes colocadas durante el período de análisis, sus tiempos de cancelación, ejecución o expiración y el valor de las variables explicativas en el momento de emisión de la orden y en el momento de la cancelación, ejecución o expiración de la misma. A la base de datos del libro de órdenes vamos a agregar todas las órdenes de mercado introducidas en el mercado, con lo que dispondremos de una base de datos completa de todas las órdenes que se han colocado en el mercado.

mercado bursátil español.

² Para ello utilizamos la metodología propuesta por Abad [1] para clasificar los eventos en el archivo SM, combinándola con la información que nos ofrecen los archivos BASA y MP.

El período considerado es el comprendido entre Julio y Septiembre del año 2000, y los activos son los pertenecientes al IBEX 35 excepto ZELTIA, ya que en Septiembre del 2000 la compañía realizó un desdoblamiento.

4.3.3 Descripción del Mercado

Los activos que pertenecen al IBEX 35 son muy diversos en términos de nivel de actividad, profundidad, volatilidad, etc. Por ello, los hemos dividido en tres grupos: activos con alto nivel de actividad, activos con nivel medio de actividad y activos con nivel bajo de actividad (vea el Apéndice).

Comenzamos analizando la información relacionada con la proporción de órdenes de mercado y órdenes limitadas divididas en canceladas, ejecutadas y que han expirado en ambos lados del libro. Nuestra base de datos presenta algunas limitaciones, ya que sólo observamos los primeros cinco niveles del LOB. Esto implica que cuando una orden va más allá del quinto nivel la consideramos como expirada ya que no hemos podido observarla mientras haya estado por debajo del quinto nivel. Lo mismo sucede con las órdenes que aparecen viniendo de la zona no observable del libro, simplemente, no consideramos estas órdenes por no haberlas podido controlar con anterioridad. No obstante, ya que la mayoría de las órdenes se concentran en los primeros cinco niveles creemos firmemente que la información que podemos obtener de nuestro dataset es relevante para comprender en profundidad cómo funciona la bolsa española.

La *tabla 1* muestra la proporción de órdenes de mercado y órdenes limitadas que son canceladas, ejecutadas y expiran en ambos lados del mercado. La proporción de órdenes ejecutadas y canceladas disminuye al aumentar el nivel de actividad comercial, mientras

que se observa que las órdenes expiradas y de mercado incrementan su proporción al aumentar la actividad comercial.

Tabla 1: Proporción de órdenes limitadas y de mercado.

		Nivel de actividad			Total
		Bajo	Medio	Alto	
COMPRA	Órdenes limitadas Ejecutadas	0.147	0.160	0.107	0.128
	Órdenes limitadas Canceladas	0.186	0.114	0.052	0.087
	Órdenes limitadas que expiran	0.219	0.234	0.223	0.226
	Órdenes de mercado	0.448	0.493	0.618	0.559
VENTA	Órdenes limitadas Ejecutadas	0.146	0.142	0.109	0.124
	Órdenes limitadas Canceladas	0.186	0.105	0.052	0.083
	Órdenes limitadas que expiran	0.227	0.239	0.254	0.246
	Órdenes de mercado	0.441	0.514	0.585	0.547

En la muestra de activos con bajo nivel de actividad comercial la proporción de órdenes canceladas es muy alta, al igual que la de órdenes ejecutadas. Esto es probablemente debido al hecho de que los inversores institucionales negocian con más probabilidad estos activos, usando las cancelaciones como un instrumento para obtener información. Inversionistas no institucionales probablemente no se ven atraídos por los activos con bajo nivel de actividad.

¿Qué características tienen las órdenes que, probablemente, serán canceladas en el futuro? La *tabla 2* muestra que la mayoría de las órdenes canceladas se introducen al primer nivel, y esta proporción disminuye cuando aumenta el nivel de actividad comercial. En los niveles siguientes (del segundo al quinto) la proporción aumenta cuando el nivel de actividad aumenta. En el momento de la cancelación la mayoría de los órdenes está todavía al primer nivel pero las diferencias con los otros niveles no es tan alta como antes.

La *tabla 2* por consiguiente muestras que los agentes reaccionan a los cambios en el nivel del orden, aunque éste no es la única causa de la cancelación (el porcentaje de órdenes que permanecen al primer nivel que son canceladas son bastante altos).

Tabla 2: Distribución de cancelaciones por niveles (momento de entrada y cancelación)³

Nivel	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Nivel 5	
Actividad	Entrada	Canc	Entrada	Canc	Entrada	Canc	Entrada	Canc	Entrada	Canc
Compra										
Bajo	0.848	0.454	0.100	0.322	0.034	0.143	0.014	0.060	0.004	0.021
Medio	0.797	0.419	0.124	0.322	0.047	0.160	0.022	0.072	0.009	0.028
Alto	0.681	0.330	0.190	0.345	0.077	0.196	0.037	0.093	0.015	0.036
Venta										
Bajo	0.829	0.410	0.111	0.350	0.040	0.155	0.016	0.063	0.005	0.022
Medio	0.789	0.408	0.133	0.336	0.050	0.162	0.021	0.068	0.008	0.026
Alto	0.677	0.331	0.193	0.350	0.079	0.193	0.037	0.091	0.014	0.035

Para las muestras con media y baja actividad el porcentaje de órdenes canceladas en el primer nivel es más alto que para la muestra con alta actividad. Esto probablemente es otro signo de que los activos con un nivel de actividad bajo y medio son objeto de negociación sobre todo por parte de inversionistas institucionales.

Consideramos ahora la distribución de las órdenes canceladas y ejecutadas durante la sesión diaria⁴ (*Figuras 1, 2 y 3*). Para los grupos con nivel alto y medio de actividad las órdenes ejecutadas siempre son más numerosas que las órdenes canceladas. Para el grupo con nivel de actividad bajo se observa el comportamiento opuesto. Las muestras con nivel de actividad bajo y medio siguen un patrón especial: cuando la proporción de órdenes ejecutadas aumenta la proporción de órdenes canceladas disminuye y viceversa⁵.

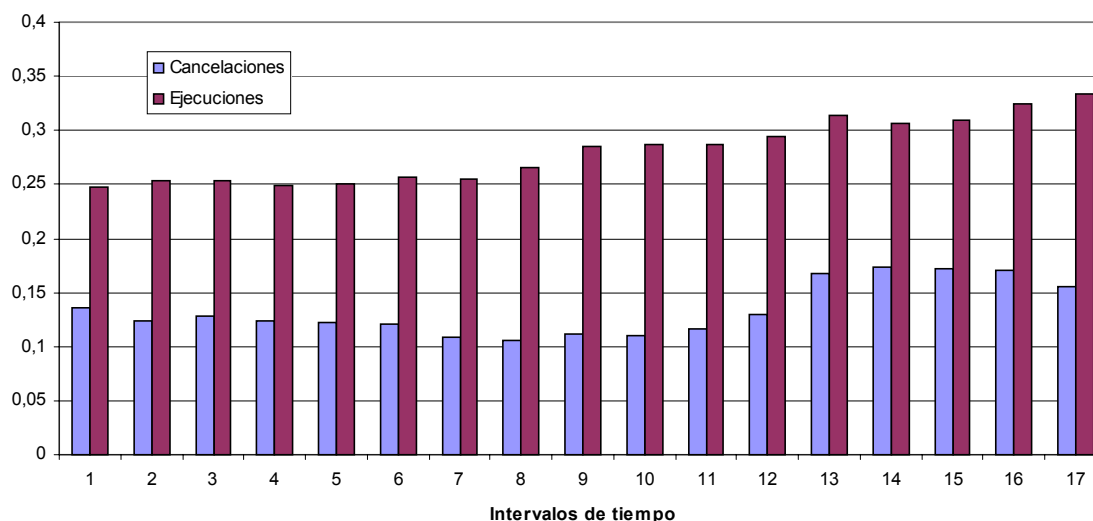
³ Puede comprobarse que, por ejemplo, los porcentajes de órdenes que entran en el grupo con bajo nivel de actividad en los distintos niveles, suma 1 ($0.848+0.100+0.034+0.014+0.004=1$).

⁴ De ahora en adelante vamos a presentar a sólo las figuras relativas al lado de la compra, ya que el lado de la venta se comporta de la misma manera.

⁵ El coeficiente de la correlación entre la proporción de órdenes ejecutadas y la de órdenes canceladas es negativo para las muestras con un nivel de actividad bajo y medio (en ambos casos es mayor al 45% en

Si las cancelaciones se usan para buscar información, entonces su utilización es más probable en los períodos de incertidumbre más alta. Al mismo tiempo, durante los períodos con un nivel de incertidumbre más altos los agentes están menos deseosos de ejecutar las órdenes; esto puede explicar la correlación negativa entre las cancelaciones y las ejecuciones. La correlación negativa es más fuerte para las muestras con nivel de actividad bajo y medio, probablemente como consecuencia de la mayor presencia de agentes profesionales.

Figura 1: Distribución de las cancelaciones y ejecuciones a lo largo de la sesión para el grupo con **alta** actividad en el lado de la compra.



valor absoluto). En el caso de la muestra con nivel de actividad alto el coeficiente de correlación entre órdenes ejecutadas y canceladas es positivo y cercano al 70%.

Figura 2: Distribución de las cancelaciones y ejecuciones a lo largo de la sesión para el grupo con actividad **media** en el lado de la compra.

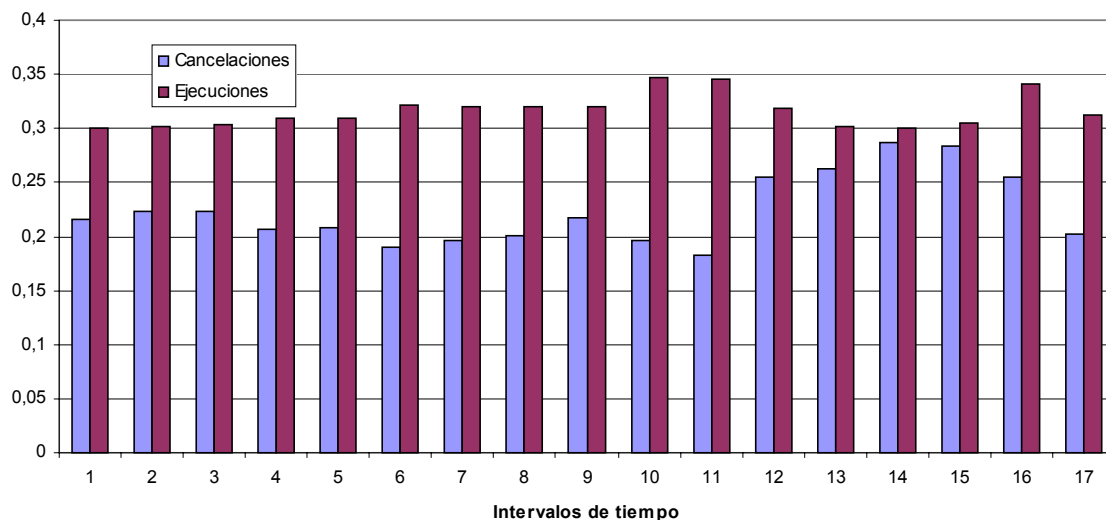
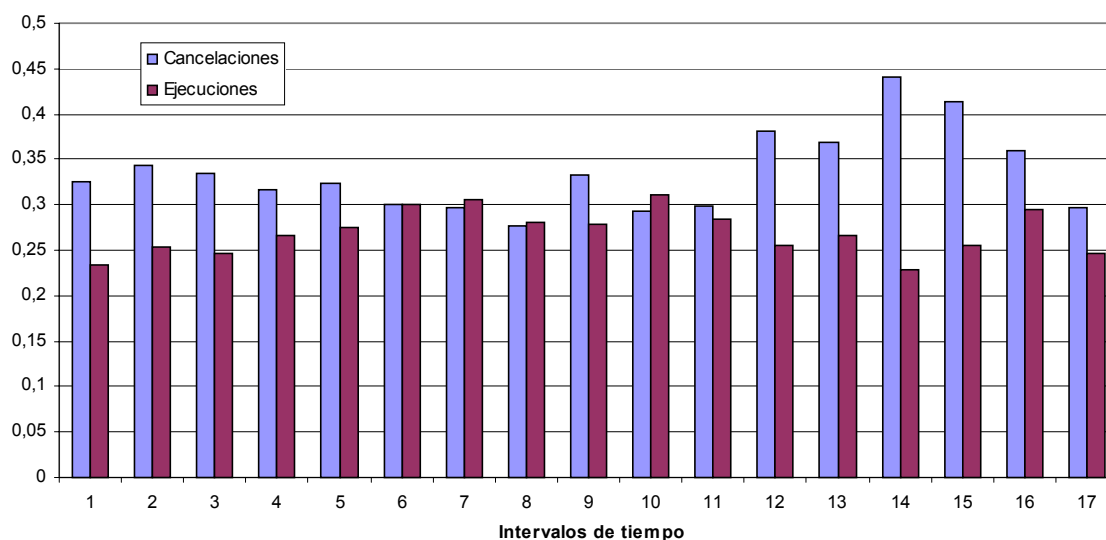


Figura 3: Distribución de las cancelaciones y ejecuciones a lo largo de la sesión para el grupo con **baja** actividad en el lado de la compra.



Mirando a los tiempos medio y mediano de las órdenes canceladas durante la sesión diaria (*Figuras 4 y 5*) podemos observar que los tiempos de cancelación son más corto al principio y al final de la sesión comercial, siguiendo un patrón de U inversa⁶.

⁶ Este patrón es más evidente cuando el nivel de actividad comercial disminuye.

Figura 4: Tiempo medio de cancelación (segundos) a lo largo de la sesión en el lado de la compra para los tres grupos según el nivel de actividad.

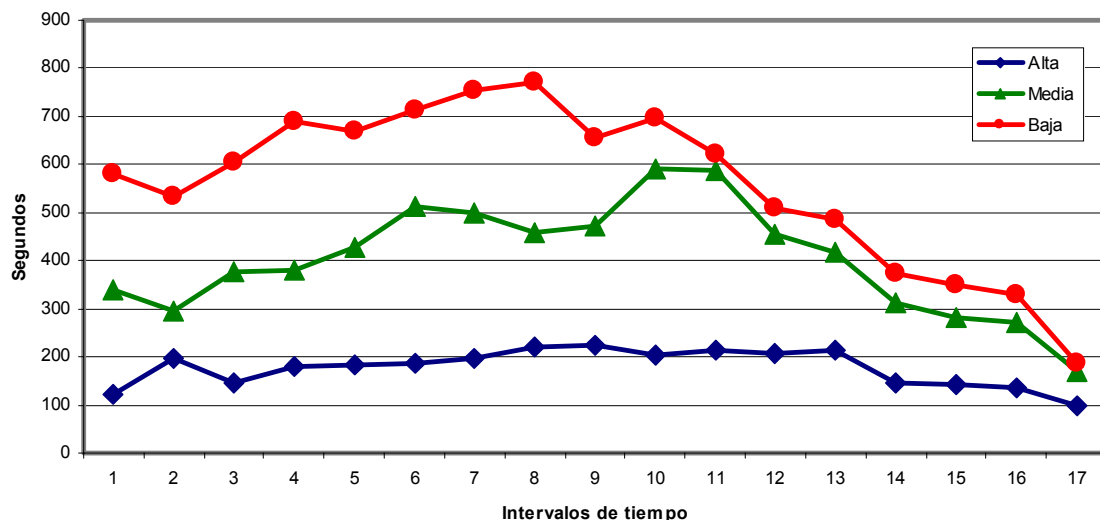
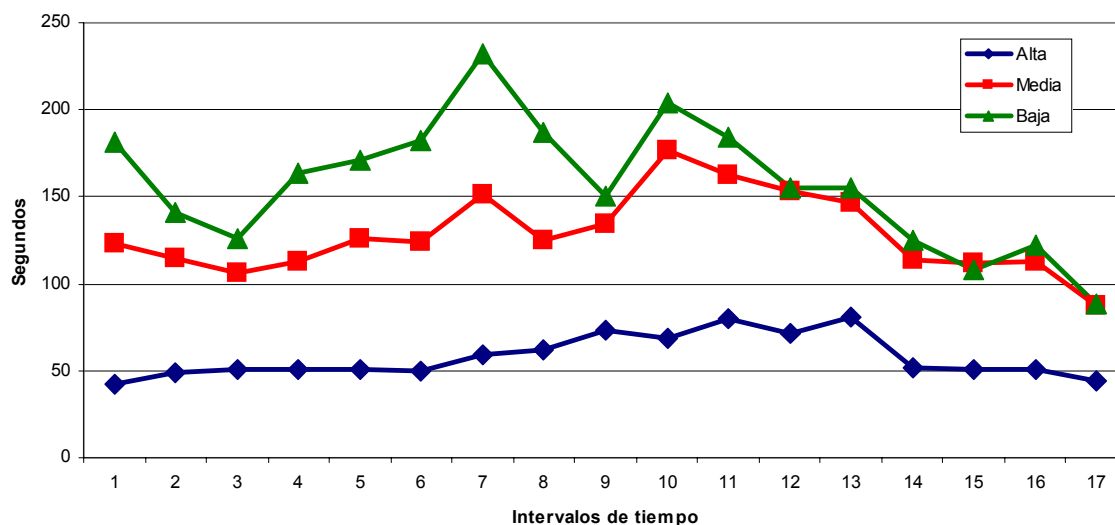


Figura 5: Tiempo mediano de cancelación a lo largo de la sesión en el lado de la compra para los tres grupos según el nivel de actividad.



La duración parece influenciada por el proceso de formación de precios y la apertura del NYSE. De hecho, las *figuras 6 y 7* muestran que la horquilla⁷ y la volatilidad son más altas al principio y al final de la sesión comercial, confirmando que éstos son períodos de mayor incertidumbre.

⁷ La horquilla relativa se calcula como: (mejor precio de compra-mejor precio de venta)/MQP, donde MQP es la media de los mejores precios de compra y venta.

Figura 6: Horquilla relativa: cada barra representa la media en el intervalo de los 65 días de muestra de que se dispone.

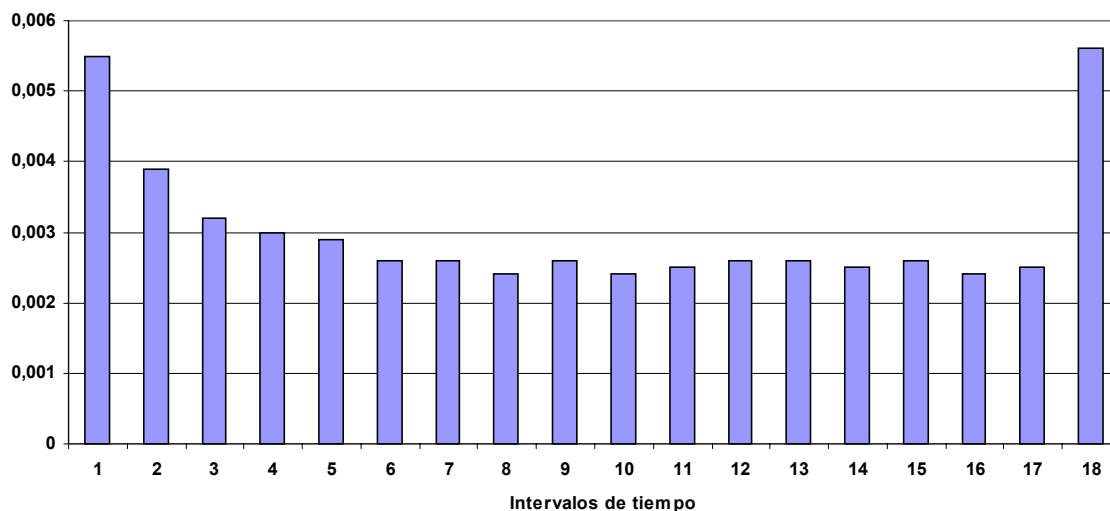
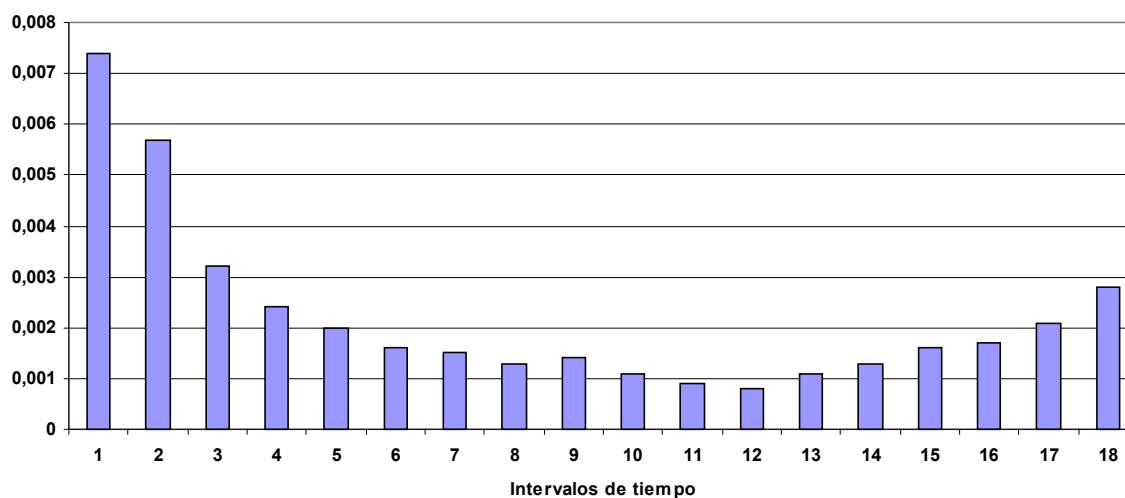


Figura 7: Volatilidad de los retornos: cada barra representa la media en el intervalo de los 65 días de muestra de que se dispone.

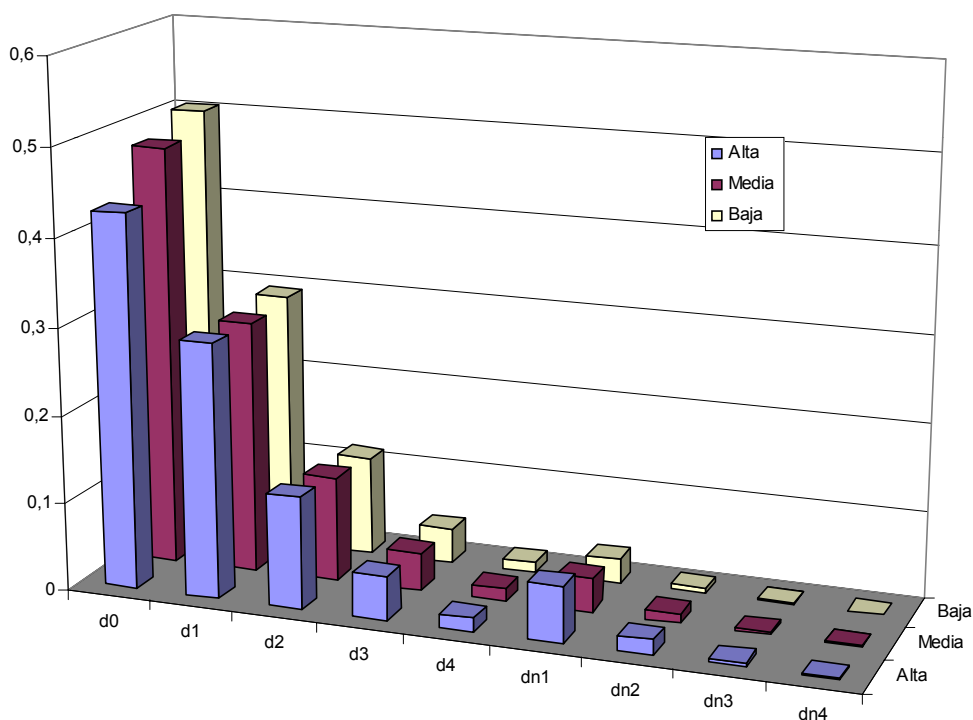


La *figura 8* muestra la frecuencia de cambio de nivel para los tres grupos y las diferencias entre ellos. Nosotros llamamos d_k , con $k \in \{0,1,2,3,4\}$ al conjunto de órdenes que pierden k niveles desde el momento de su emisión hasta el momento en que se cancelan, y dn_j , con $j \in \{1,2,3,4\}$ al conjunto de órdenes que ganan j niveles⁸. Así, d_0 es

⁸ Una orden puede ganar máximo 4 niveles si ha sido introducida en el quinto. Así, j va de 1 a 4. Por el contrario, puede perder un máximo de 4 niveles si se introduce en el primero (si pierde más la consideraremos una expiración al no poder controlarla) por lo que k toma valores entre 1 y 4.

el conjunto de órdenes que no cambian de nivel, d_1 es el conjunto de órdenes que bajan un nivel (por ejemplo, del primero al segundo nivel o del cuarto al quinto), dn_1 es el conjunto de órdenes que suben un nivel, y así sucesivamente.

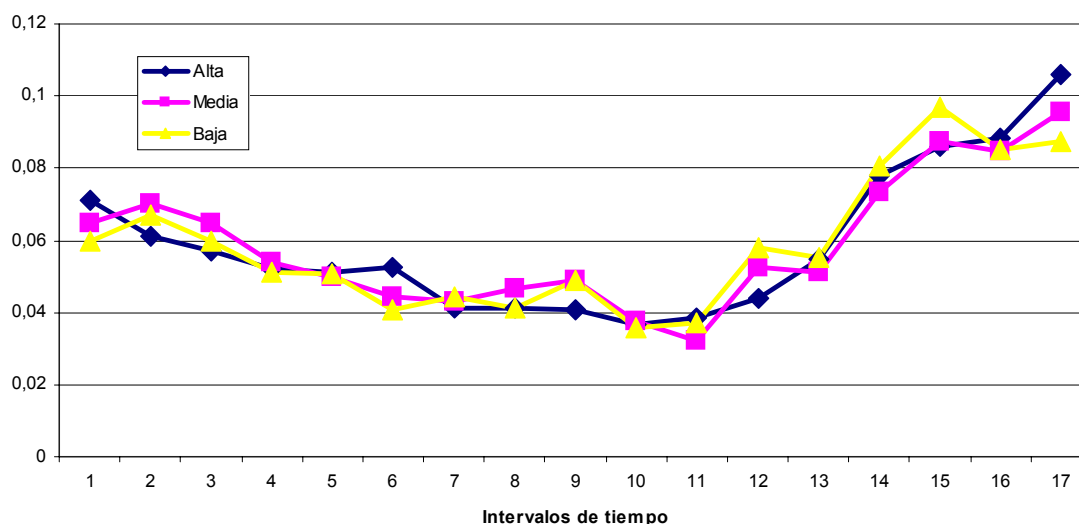
Figura 8: Proporción de órdenes canceladas según el cambio de niveles para las tres submuestras.



La proporción de órdenes que no cambian de nivel (d_0) es el más alto para todos los niveles de actividad, tomando el mayor valor para el grupo de baja actividad y disminuyendo al aumentar el nivel de actividad. En el caso de las órdenes que pierden un nivel (d_1) tenemos la proporción más alta para los activos con bajo nivel de actividad, mientras cuando la orden gana un nivel (dn_1) la proporción más alta pertenece al grupo con nivel de actividad alto.

La proporción de órdenes que no cambian de nivel y entran en el primero cambia a lo largo de la sesión comercial, mostrando una forma a U como en el Biais et al. [5] (figura 9).

Figura 9: Evolución de las órdenes que entran y se cancelan en el primer nivel (d0) para las tres submuestras a lo largo de la sesión.



Resumiendo, las ejecuciones ocurren principalmente como consecuencia de movimientos en el precio del mercado. Las cancelaciones pueden ser en cambio debidas a varias razones.

Primero, las cancelaciones pueden ser la consecuencia del movimiento del precio al igual, que las ejecuciones. Al variar el precio, puede que las condiciones para la ejecución de la orden no sean óptimas, lo que se traduce en que algunas órdenes se mueven a los niveles siguientes del libro, con el consiguiente aumento en el tiempo esperado de ejecución. En este caso, el agente puede querer cancelar la orden y reintroducirla a un mejor precio.

Otra posibilidad es que la cancelación sea una decisión estratégica tomada por el agente en el momento de la colocación de la orden, con el objetivo de recoger información sobre el mercado. En este caso la orden es cancelada muy rápidamente sin darle tiempo

a cambiar de nivel. Como hemos visto antes, este comportamiento puede presentarse al principio y al final del día principalmente.

Las variables claves para distinguir entre los dos tipos de cancelaciones son la duración, el cambio de nivel y la entrada en el primer nivel. Las órdenes introducidas con el objetivo de recoger información deben ser canceladas rápidamente y deben ser agresivas (i.e. introducidos al primer nivel)⁹.

Así, hay dos tipos de cancelaciones que dependen de la duración. Para distinguir entre ellas, es útil fijar un tiempo de corte, clasificando la cancelación de una orden como estratégica si ocurre antes del tiempo de corte.

Para determinar el periodo de corte vamos a mirar la agresividad del precio de las órdenes canceladas. Recordemos que las órdenes que son introducidas para coleccionar información deben ser canceladas rápidamente y deben ser agresivas.

Así, cuando seleccionamos un periodo de corte nos gustaría ver si las órdenes canceladas antes del periodo de corte son agresivas.

Definimos la agresividad en precio en los dos lados como sigue. Sea $limitprice_t$ el precio al que la orden limitada ha sido introducida en el mercado en el momento t ; $bidprice_{t-1}$, $askprice_{t-1}$ los mejores precios de compra y de venta en el momento de introducción de la orden.

Para el lado de la venta, definimos la agresividad del precio del orden limitada como:

$$Priceagr_t = \frac{askprice_{t-1} - limitprice_t}{\frac{bidprice_{t-1} + askprice_{t-1}}{2}}.$$

⁹ Se puede pensar también que el agente que actúa de este modo, lo hace porque al colocar una orden muy agresiva enfrenta un riesgo, por lo que la quiere cancelar rápidamente. Sin embargo, de algún modo, al actuar así también esta recabando información y, lo que está claro es que, igualmente, la decisión de cancelar la toma cuando emite la orden, por lo que a efectos de nuestro estudio, son decisiones tomadas en el mismo momento.

Para el lado de la compra, definimos la agresividad del precio del orden limitada como:

$$Priceagr_t = \frac{askprice_{t-1} - limitprice_t}{\frac{bidprice_{t-1} + askprice_{t-1}}{2}}$$

Cuando el valor de esta variable es igual a 0 significa que la colocación de la nueva orden ocurre al mejor precio de venta (compra) del libro de órdenes limitadas. Si el valor de esta medida es positivo significa que el agente está mejorando el precio con la nueva orden, por lo que el agente habría introducido una orden más agresiva con respecto a la que se emite al mejor precio o lejos del mejor precio. Un aumento en el valor de esta variable corresponde a un aumento en la agresividad. Si la agresividad en precio toma un valor negativo significa que el agente ha introducido una orden con un precio lejos del mejor precio.

Hemos calculado la agresividad en precio media y mediana para diferentes periodos de corte para los tres grupos. Las órdenes son divididas en dos subconjuntos: uno contiene las cancelaciones con una duración menor que el periodo de corte y el otro con tiempo de cancelación superior al período de corte. Echando una mirada rápida a las *figuras 10¹⁰, 11 y 12* podemos ver que, en los tres grupos, la agresividad del precio logra un máximo cuando los periodos de corte son 5 o 10 segundos. Es interesante observar que los valores de la agresividad del precio son más bajos para el grupo con nivel de actividad alto: los activos en este grupo normalmente tiene una horquilla estrecha que reduce la posibilidad de introducir órdenes muy agresivas.

¹⁰ La mediana sólo se aprecia para los tiempos de corte de 5 y 10 segundos porque en el resto resulta ser 0.

Figura 10: Agresividad en precio media y mediana de las órdenes canceladas con un tiempo menor al periodo de corte (2,5,10,20,30,40,50,60,90 o 120 segundos) para la muestra con alta actividad en el lado de la compra.

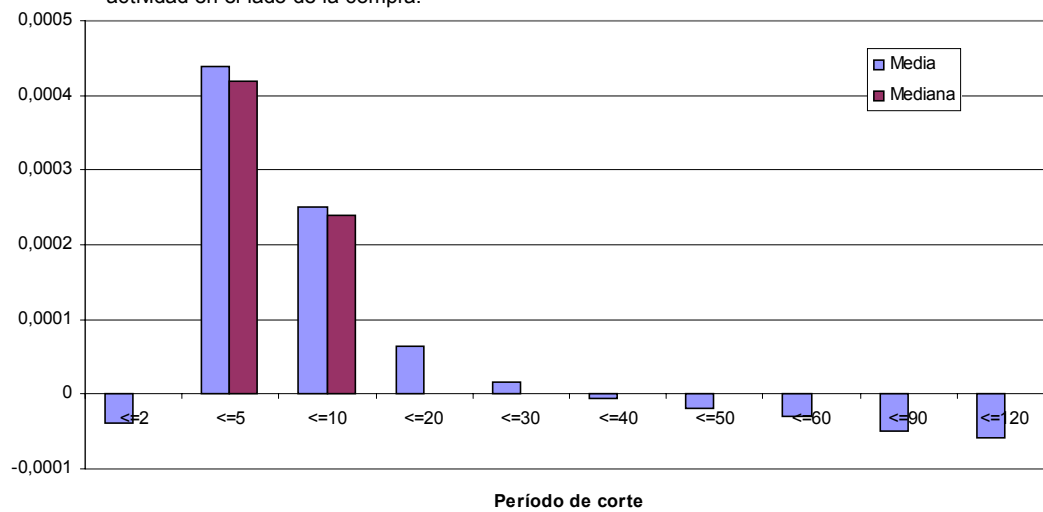


Figura 11: Agresividad en precio media y mediana de las órdenes canceladas con un tiempo menor al periodo de corte (2,5,10,20,30,40,50,60,90 o 120 segundos) para la muestra con actividad **media** en el lado de la compra.

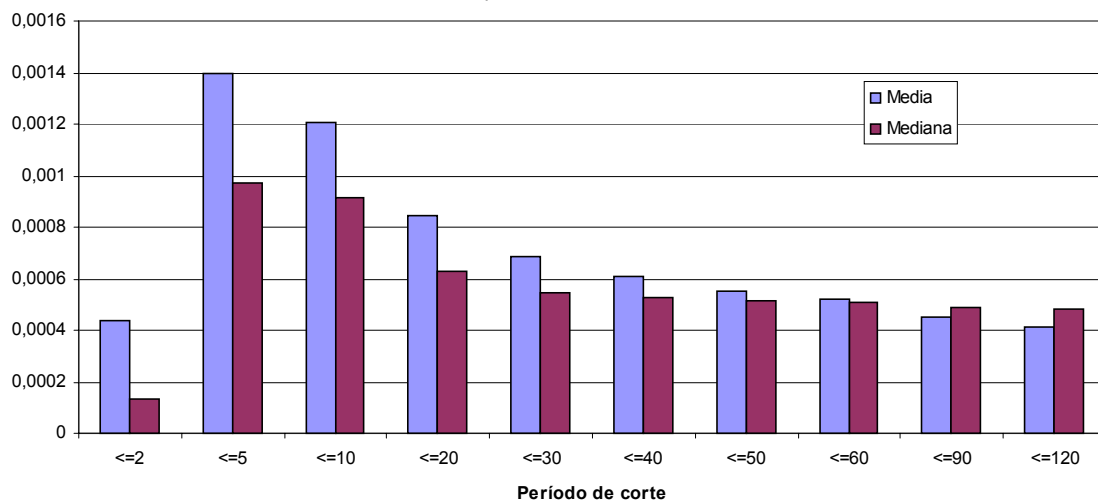
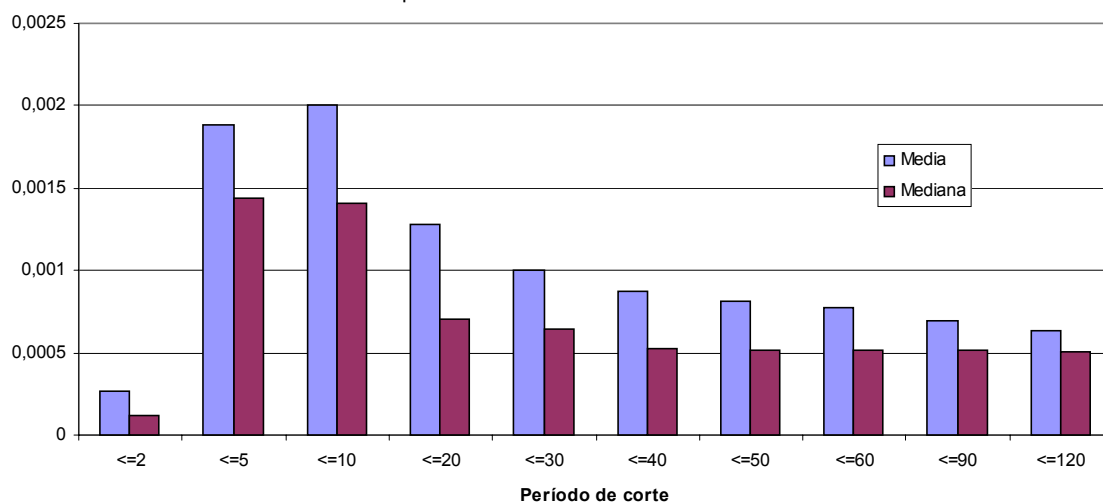


Figura 12: Agresividad en precio media y mediana de las órdenes canceladas con un tiempo menor al periodo de corte (2,5,10,20,30,40,50,60,90 o 120 segundos) para la muestra con **baja** actividad en el lado de la compra.



Si computamos el porcentaje de cancelaciones que tienen lugar en 5 o 10 segundos desde la emisión de la orden, resulta ser bajo, comportamiento diferente al que se observa en el mercado americano (además, Hasbrouck y Saar [15] y [16] eligen como periodo de corte de 2 segundos). Hemos seleccionado como periodo de corte 10 segundos para tener un número suficiente de órdenes *fleeting*. Sin embargo, los resultados que obtenemos son robustos a la elección de este periodo manteniéndose cuando el estudio se replica con 5 segundos como tiempo de corte.

La *tabla 3* muestra las diferentes proporciones de órdenes canceladas, que dependen del nivel de agresividad en precio y del nivel de actividad comercial. El grupo de activos con nivel de actividad bajo tiene el porcentaje más alto de órdenes agresivos y, en general, la proporción de órdenes canceladas que son introducidas con agresividad en precio positiva disminuye cuando el nivel de actividad aumenta. En el caso de órdenes introducidas al mejor precio (agresividad nula) la proporción de órdenes aumenta cuando el nivel de actividad aumenta, y el mismo patrón se observa para las cancelaciones con agresividad en precio negativa.

Tabla 3: Proporción de órdenes canceladas según actividad y agresividad

	COMPRA			VENTA		
	Nivel de actividad			Nivel de actividad		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
	Sesión Completa			Sesión Completa		
Agresividad Positiva	0.691	0.622	0.444	0.677	0.621	0.454
Agresividad Nula	0.158	0.175	0.237	0.151	0.168	0.222
Agresividad Negativa	0.152	0.203	0.319	0.171	0.211	0.323
	Mañana			Mañana		
Agresividad Positiva	0.712	0.631	0.470	0.686	0.631	0.473
Agresividad Nula	0.135	0.157	0.206	0.147	0.152	0.197
Agresividad Negativa	0.154	0.212	0.324	0.166	0.217	0.330
	Mediodía			Mediodía		
Agresividad Positiva	0.682	0.617	0.443	0.668	0.620	0.454
Agresividad Nula	0.166	0.180	0.246	0.161	0.175	0.230
Agresividad Negativa	0.152	0.204	0.311	0.171	0.205	0.316
	Tarde			Tarde		
Agresividad Positiva	0.683	0.622	0.425	0.679	0.613	0.440
Agresividad Nula	0.167	0.184	0.249	0.144	0.174	0.234
Agresividad Negativa	0.150	0.193	0.325	0.176	0.213	0.326

Hemos analizado igualmente el comportamiento de las cancelaciones según su agresividad en precio y el nivel de actividad para los diferentes periodos de la sesión diaria. En concreto, proponemos tres periodos: mañana (el período entre 9:00-11:00); mediodía (el período entre 11:00-15:30) y tarde (el período entre 15:30-17:30).

Por la mañana podemos observar el mismo patrón descrito anteriormente para la sesión comercial diaria. Sin embargo, en el período intermedio la proporción de órdenes canceladas con agresividad de precio positiva o negativa disminuye a favor de las que tienen una agresividad de precio igual a cero. Una posible explicación es que al descubrirse el precio, la colocación de órdenes agresivas es costosa, por lo que los agentes prefieren introducir órdenes al mejor precio y no pagar el coste de mejorar el precio.

4.4. ANÁLISIS EMPÍRICO

En esta sección investigamos los determinantes de las estrategias de introducción de órdenes y cancelaciones en el SIBE. Comenzamos describiendo las variables que vamos a utilizar en el análisis, y luego procedemos a estimar un modelo logit multinomial para los distintos tipos de órdenes que pueden emitir los agentes. Vamos a distinguir, entre otras opciones, entre órdenes limitadas *fleeting* (tienen un tiempo de cancelación muy bajo y la decisión de cancelar se toma cuando se emiten) y órdenes limitadas *serias* (órdenes que no son canceladas casi inmediatamente y para las que la decisión de cancelación se toma cuando se realiza). Además, centraremos nuestra atención en el subconjunto de órdenes limitadas *serias* que son canceladas y estimamos un modelo logístico para encontrar las determinantes de la decisión de cancelación.

4.4.1. Descripción de las Variables

La horquilla relativa de los mejores precios de compra y de venta para una orden introducida en el momento t se calcula mirando el precio de venta y de compra en el momento anterior a la colocación del orden (el momento en que el agente toma la decisión). La horquilla relativa de precios:

$$\text{Horquilla relativa de precio}_{t-1} = \frac{\text{askprice}_{t-1} - \text{bidprice}_{t-1}}{\frac{\text{bidprice}_{t-1} + \text{askprice}_{t-1}}{2}}$$

Una horquilla mas ancha implica costes de transacción más altos que desincentivan la emisión de órdenes de mercado (Al-Suhaibani et al. [4]).

La volatilidad se computa como la suma del valor absoluto de los cambios en el precio en los últimos 10 minutos antes de la colocación de la orden dividida por el precio actual¹¹.

El número de transacciones (negociaciones) considera las transacciones que ocurrieron en el mercado una hora antes del evento considerado. Ésta variable es considerada como una proxy del número de agentes presentes en el mercado.

La profundidad (depth) se define como el número de acciones presentes al mejor precio en el mismo lado del libro en el momento de la colocación de la orden dividido por el número mediano de acciones presentes al mejor precio en el mismo lado del mercado, y la profundidad en el lado opuesto (opdepth) es el número de acciones presentes al mejor precio en el lado opuesto del libro en el momento de la colocación de la orden dividido por el número mediano de acciones presentes al mejor precio en el lado opuesto del mercado.

Vamos también a introducir variables dummy para el nivel (level_i) del libro en que la orden se ha introducido y cancelado, y para el tipo de orden que se ha introducido antes de la nueva orden (orden de mercado, limitada o no actividad).

Cuando estudiamos los determinantes de la decisión de cancelación, vamos a utilizar variables dummy para el nivel en que la orden se ha introducido y para el nivel en que se ha cancelado, ejecutado o expirado. Otro conjunto de variables dummy representa el cambio de nivel que la orden ha sufrido. Estas variables indican que la orden cancelada toma un valor d_k o dn_j , con $k \in \{0,1,2,3,4\}$ y $j \in \{1,2,3,4\}$, tal y como se han definido estas variables en la sección 3.3.

¹¹ El precio actual es el último precio negociado en el mercado en el momento de la colocación del orden. Esta definición de volatilidad, sin ser dividido por el precio actual, es debida a Cho y Nelling [6]; nosotros pensamos que es mejor dividir por el precio actual para normalizar.

4.4.2. Estrategias de Emisión de órdenes

Dada la información disponible, los agentes tienen que decidir si introducir o no una orden, así como el tipo de orden adecuada si finalmente se deciden a emitirla. Elull et al. [10] analizan cómo las diferentes variables explicativas influyen la probabilidad de lanzar una orden de mercado, una orden limitada o una cancelación. Otra posibilidad es, sin embargo, tratar de obtener más información con una orden limitada *fleeting*. Así, en nuestro análisis de estrategias de introducción de órdenes suponemos que un agente que llega al mercado tiene 4 alternativas.

1. no introducir órdenes.
2. introducir una orden de mercado.
3. introducir una orden limitada seria.
4. introducir una orden limitada *fleeting*.

Nosotros no distinguimos entre el lado de la venta y de la compra porque estamos interesados particularmente en estudiar el evento “orden *fleeting*” y, dada su naturaleza (obtener información), el lado del mercado no parece ser muy importante. Dadas las observaciones disponibles para este evento para algunos activos con nivel de actividad baja, hemos decidido agregar los dos lados del libro para todas las acciones¹². Nosotros clasificamos una orden limitada como “*fleeting*” si es cancelada antes de diez segundos, considerando el resto de órdenes limitadas como “serias” (las llamaremos simplemente “órdenes limitadas”).

¹² Observase que cuando nosotros hacemos nuestras regresiones, algunas de las variables independientes dependen del lado del libro. Por ejemplo, cuando una orden es de venta, nosotros usamos como profundidad la del lado de la venta mientras la profundidad opuesta es la profundidad del lado de la compra. Así lo que nosotros estamos asumiendo es que los lados de la compra y la venta son simétricos; por ejemplo, el impacto de un aumento de profundidad en el lado de la compra en la decisión para introducir una orden de mercado de compra es igual que el impacto en un aumento de profundidad en el lado de la venta en la decisión de introducir una orden de mercado de venta.

El evento “evitar introducir una orden” se define como sigue. Primero, hemos calculado el tiempo mediano t_m entre órdenes sucesivas para cada activo. Después, si el tiempo entre las órdenes es más grande que el tiempo mediano, vamos a introducir un evento “no actividad” t_m segundos antes del último evento, introduciendo tantos eventos como el intervalo de tiempo requiera.

Por ejemplo, el tiempo mediano entre dos eventos consecutivos para REPSOL es 6 segundos. Suponga que observamos un orden a las 10:51:06, y otro a las 10:51:23. Entonces vamos a introducir dos eventos de no actividad, uno a las 10:51:17 y otro a las 10:51:11. Hay una variación considerable entre los diferentes activos en lo que respecta al tiempo mediano entre dos eventos.

Esta definición de “evento no actividad” sigue estrechamente la propuesta de Ellul et al. [10]; la única diferencia es que en su caso el intervalo de tiempo de no actividad se define como el mínimo entre el tiempo medio entre sucesivos eventos y cinco minutos. En nuestra base de datos todos los tiempos medianos entre eventos sucesivos son siempre menores a 5 minutos, por lo que ignoramos esta parte. Easley, Kiefer y O'Hara [9] usan una definición similar de evento no actividad que usan para modelizar y estimar el tiempo que transcurre sin actividad en el mercado.

Según Foucault [11] el porcentaje de órdenes limitadas aumenta con la horquilla. En su modelo, en equilibrio, hay una relación positiva entre la horquilla y las órdenes limitadas y una relación negativa entre la horquilla y las órdenes de mercado. Harris [14] y Smith [23] muestran empíricamente que la horquilla relativa se relaciona positivamente con la probabilidad de órdenes limitadas e inversamente con la probabilidad de órdenes de mercado. La horquilla de los mejores precios de compra y de venta representa un coste potencial para las órdenes de mercado y un beneficio potencial para las órdenes limitadas. Así, si la horquilla relativa aumenta, debería ser

mas probable observar una orden limitada o una orden fleeting que una orden de mercado, ya que los costes de transacción son superiores (Al-Suhaibani y Kryzanowsky [4] realizan un análisis similar).

Hipótesis 1: *Horquillas más anchas hacen más probable la colocación de órdenes limitadas y fleeting mientras que la emisión de órdenes de mercado resulta menos probable.*

Parlour [20] descubre que la llegada de una orden limitada de compra (venta) alarga la cola en el lado de la compra (venta) del libro y esto reduce el atractivo de introducir órdenes limitadas adicionales del mismo tipo. Es decir, si la profundidad en un lado del libro aumenta entonces sería más probable observar una orden de mercado que una orden limitada en el mismo lado ya que las oportunidades de ejecución de la última son bajas. A la vez, órdenes de mercado y limitadas en el otro lado serían introducidas con una probabilidad más alta. Por otro lado, las órdenes fleeting no deberían verse influenciadas ya que su objetivo no es la ejecución.

Hipótesis 2: *Un aumento de la profundidad en un lado del libro aumenta la probabilidad de introducir una orden de mercado en el mismo lado reduciendo la de una orden limitada en el mismo lado. Sin embargo, la profundidad no afecta a la emisión de órdenes fleeting.*

Hipótesis 3: *Un aumento de la profundidad en un lado del libro aumenta la probabilidad de introducir órdenes limitadas y de mercado en el otro lado.*

Si el nivel de actividad ha aumentado en las últimas horas, este hecho anima los agentes a participar en el mercado, dado que ven una buena oportunidad para ejecutar sus

órdenes. Además, cuando la actividad aumenta, el interés de los agentes por descubrir información podría aumentar, por lo que podríamos esperar también un incremento de las órdenes fleeting.

Hipótesis 4: *Un mayor número de transacciones en el pasado reciente reduce la probabilidad del evento no actividad.*

Focault [11] propone un modelo para un mercado dinámico dónde un aumento de la volatilidad induce a los agentes a introducir órdenes limitadas a precios menos competitivos. En equilibrio, una mayor volatilidad hace que las órdenes de mercado enfrenten un mayor riesgo de precio, llevando a una proporción más alta de órdenes limitadas. Handa y Schwartz [13], Smith [23] Ahn, Bae, y Chang [3], Hollifield, Molinero, Sandas y Slive [17] y Ranaldo [22] evidencian que hay una relación directa entre la volatilidad y la colocación de órdenes limitadas. Además, dada la definición de órdenes fleeting, su introducción parece ser más probable en períodos volátiles e inciertos.

Hipótesis 5: *Un aumento en la volatilidad aumenta la probabilidad de órdenes limitadas y fleeting, reduciendo la probabilidad de órdenes de mercado.*

Mirando a Biais et al. [5] y Abad [1] podemos observar que la probabilidad de emitir, por ejemplo, una orden del mercado después de una orden del mercado en el mismo lado o el lado opuesto del libro es alta en ambos casos.

Hipótesis 6: *La probabilidad de un tipo de orden determinado aumenta después de la orden anterior haya sido del mismo tipo (efecto diagonal).*

Para probar estas hipótesis vamos a utilizar un modelo logit multinomial.

Sea $i \in \{0,1,2,3\}$ un índice que corresponde a los eventos y j corresponde al activo.

Nosotros postulamos la relación:

$$\ln\left(\frac{\Pr_{i,j}}{\Pr_{0,j}}\right) = \beta_i * X_j \quad \text{con } i \in \{1,2,3\}$$

donde X_j es el vector de las variables explicativas y β_i representa el vector de coeficientes. Nosotros asignamos el valor cero a la variable dependiente correspondiente al evento no actividad, por esta razón la probabilidad de los otros eventos se considera relativamente a este evento. Vamos a considerar las siguientes variables explicativas: la horquilla relativa (**bidask**), la volatilidad (**volat**), el nivel de actividad comercial¹³ (**ln_trades**), profundidad del nivel con el mejor precio en el mismo lado del libro (**depth**), profundidad del nivel con el mejor precio en el lado opuesto del libro (**opdepth**). Todas estas variables son calculadas en el momento de la colocación. Además incluimos un conjunto de variables dummy que representan el tipo de la última orden introducida:

- **Market**: es igual a uno si la última orden introducida es una orden de mercado, cero en el resto de casos,
- **Limit**: es igual a uno si la última orden introducida es una orden limitada¹⁴, y cero para el resto de posibilidades.

La regresión que nosotros vamos a estimar es la siguiente:

$$\begin{aligned} Event_type_{i,t} = & \alpha + \beta_1(bidask)_{i,t} + \beta_2(volat)_{i,t} + \beta_3(ln_trades)_{i,t} + \beta_4(depth)_{i,t} + \\ & + \beta_5(opdepth)_{i,t} + \beta_6(market)_{i,t} + \beta_7(limit)_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

¹³ El nivel de actividad comercial se define como el logaritmo del número de transacciones.

Estimamos el modelo para cada activo y para las tres muestras clasificadas según el nivel de actividad comercial. Cuando ejecutamos las regresiones para un solo título i será constante. Cuando estimamos, por ejemplo, la muestra con un nivel de actividad bajo incluimos en la regresión todas las observaciones (i,t) de tal forma que i resulte ser un activo de la muestra con bajo nivel de actividad.

Tabla 4: Logit multinomial para el grupo de **baja** actividad.
El evento 0, no actividad, es el grupo de comparación.

Event	Coef	Std Err	z
Emitir una orden de Mercado			
bidask	-57.5254	1.1337	-50.74
volat	-9.4344	0.1170	-80.61
ln_trades	0.6264	0.0038	164.78
depth	0.00615	0.0011	5.73
opdepth	0.0002	0.00009	2.16
market	1.174	0.0079	146.87
limit	0.9497	0.0072	132.14
cons	-3.7180	0.0142	-260.81
Emitir una orden limitada			
bidask	64.455	0.8098	79.60
volat	0.8360	0.0068	123.14
ln_trades	0.3121	0.0033	94.69
depth	-0.0143	0.0009	-15.59
opdepth	-0.0029	0.0011	-2.57
market	1.6989	0.0069	243.69
limit	1.0587	0.0067	156.62
cons	-3.3338	0.0124	-267.86
Emitir una orden fleeting			
bidask	60.1979	6.8164	8.83
volat	0.8507	0.0208	40.96
ln_trades	0.5152	0.0319	16.15
depth	-0.00983	0.0078	-1.26
opdepth	-0.01317	0.01063	-1.24
market	3.3854	0.0697	48.59
limit	1.9849	0.0795	24.98
cons	-9.7714	0.1313	-74.42

¹⁴ En este caso la categoría orden limitada estará compuesta tanto de órdenes limitadas serias como de órdenes fleeting.

Tabla 5: Logit multinomial para el grupo de actividad **media**.
El evento 0, no actividad, es el grupo de comparación.

Event	Coef	Std Err	z
Emitir una orden de Mercado			
bidask	-66.3476	1.0571	-62.89
volat	-7.0255	0.0458	-153.21
ln_trades	0.6064	0.0022	281.06
depth	0.129	0.00058	22.34
opdepth	0.0008	0.00013	6.34
market	0.8485	0.0045	186.20
limit	0.7719	0.0043	177.07
cons	-3.871	0.0099	-390.5
Emitir una orden limitada			
bidask	88.7306	0.8588	103.32
volat	0.6004	0.0026	231.25
ln_trades	0.2757	0.0021	131.09
depth	-0.01267	0.0006	-21.81
opdepth	-0.00244	0.00067	-3.63
market	1.4933	0.0042	351.98
limit	0.8457	0.0046	184.5
cons	-3.4212	0.0097	-352.04
Emitir una orden fleeting			
bidask	94.127	6.2699	15.01
volat	0.6179	0.0082	75.41
ln_trades	0.2701	0.0173	15.58
depth	-0.01	0.00458	-2.18
opdepth	0.0046	0.00436	1.06
market	3.203	0.0439	72.84
limit	2.0191	0.0499	40.40
cons	-9.1964	0.0862	-106.64

En los análisis de las tres muestras casi todos los coeficientes de las variables independientes son significativos a un nivel del 1%.

Un aumento de la horquilla (bidask) reduce la probabilidad de observar una orden de mercado y aumenta la probabilidad de introducir una orden limitada o una orden fleeting, como postulaba la **hipótesis 1**.

En el caso de la profundidad en el mismo lado del libro (depth), un aumento afecta positivamente a la probabilidad de introducir una orden de mercado en el mismo lado y negativamente a la probabilidad de una orden limitada en el mismo lado, como decía la **hipótesis 2**. Para la colocación de órdenes fleeting esta variable no es significativa para

la mayoría de los activos y las muestras, aunque es positiva y significativa para el grupo con nivel de actividad comercial alta grupo. También esto parece apoyar a la **hipótesis 2**, excepto para el grupo con alta actividad comercial.

Tabla 6: Logit multinomial para el grupo de **alta** actividad.
El evento 0, no actividad, es el grupo de comparación.

Event	Coef	Std Err	z
Emitir una orden de Mercado			
bidask	-61.5282	1.9325	-31.84
volat	-3.3124	0.0155	-212.74
ln_trades	0.3318	0.0013	242.70
depth	0.01259	0.00037	33.56
opdepth	0.0046	0.00019	23.33
market	1.0201	0.0028	362.32
limit	0.8349	0.0032	256.81
cons	-3.3130	0.0092	-361.98
Emitir una orden limitada			
bidask	239.543	1.8492	129.53
volat	0.3489	0.0009	376.97
ln_trades	0.0522	0.0016	32.84
depth	-0.00726	0.0004	-16.16
opdepth	0.0056	0.0005	11.53
market	1.2962	0.0032	401.7
limit	0.8468	0.0039	217.14
cons	-2.7871	0.0105	-265.24
Emitir una orden fleeting			
bidask	308.037	5.8145	52.98
volat	0.3583	0.0030	124.99
ln_trades	0.0278	0.0115	2.43
depth	0.0045	0.00108	4.14
opdepth	0.0101	0.00301	3.37
market	1.8722	0.0268	69.87
limit	1.6753	0.02924	57.30
cons	-7.6323	0.0733	-104.07

Si la profundidad en el lado opuesto del libro crece, la probabilidad de emitir una orden de mercado aumenta, como anticipaba la **hipótesis 3**. Sin embargo, contrariamente a la **hipótesis 3** el coeficiente relativo a los órdenes limitadas es negativo y, a veces, no significativo; excepto el caso de la muestra con nivel de actividad alto donde el coeficiente es positivo y significativo. De la misma manera esta variable no afecta la colocación de órdenes fleeting en la mayoría de los activos, excepto en el caso de la

muestra con nivel de actividad alto dónde es significativa y positiva, apoyando de nuevo la validez de la **hipótesis 2** en lo que a órdenes *fleeting* se refiere.

Como se describía en la **hipótesis 4**, la actividad comercial se relaciona positivamente con la probabilidad de colocar órdenes de mercado y limitadas (como en Ellul et al. [10]). De hecho, el coeficiente relativo a las órdenes de mercado y limitadas en los tres grupos es normalmente positivo. La probabilidad de lanzar órdenes *fleeting* también aumenta con el aumento del nivel de actividad, pero no es significativo para algunos activos que pertenecen al grupo con nivel de actividad alto, lo que podría indicar que para ellos no es necesario descubrir información cuando la actividad es suficiente.

La volatilidad del precio influencia negativamente la probabilidad de encontrar una orden de mercado y positivamente la probabilidad de lanzar una orden limitada o una *fleeting*, como postula la **hipótesis 5**. Los resultados son homogéneos para todos los activos y para las tres muestras.

Los resultados sobre el efecto de la última orden introducida en la decisión de colocar una nueva orden no nos permiten confirmar completamente la existencia del efecto diagonal (**hipótesis 6**). Las variables que representan el tipo de órdenes que han sido previamente introducidas presentan coeficientes positivos pero no podemos hacer comparaciones sobre su tamaño¹⁵. En este caso podemos decir que si el último evento observado es de actividad (orden de mercado o limitada), la probabilidad de introducir una orden de mercado, limitada y *fleeting* aumenta en todas las muestras. Una orden *fleeting* parece ser más probable después de una orden de mercado que tras una orden limitada. Cuando una transacción ocurre, al menos una parte del volumen presente al mejor precio se ejecuta, por lo que la horquilla podría llegar a aumentar y los agentes estarían interesados, en este caso, en descubrir nueva información

4.4.3. Los determinantes de las Cancelaciones

Cuando una orden limitada seria se ha introducido puede ejecutarse, o permanecer en el libro de órdenes y, en este caso, el agente tiene la opción de cancelarla. La decisión de cancelar o no se toma observando la evolución de las condiciones del mercado. En esta sección analizamos la probabilidad de cancelar una orden limitada usando un modelo de probabilidad logístico; hay que decir que excluimos los órdenes fleeting de nuestro análisis¹⁶, ya que para estas órdenes, la decisión de cancelar se toma cuando se emiten y no porque las condiciones de mercado hayan variado.

Ellul et al. [10] observan que es más probable cancelar las órdenes cuando la distancia entre los mejores precios de compra y venta es ancha.

Hipótesis 7: Si la horquilla es más ancha, la probabilidad de cancelación aumenta.

Si una orden pierde prioridad en el libro de órdenes, es intuitivo que la probabilidad de cancelación debería aumentar. Por el contrario, una mejora de su posición en el libro debería reducir la probabilidad de cancelación.

Hipótesis 8: Cuando una orden pierde niveles en el libro la probabilidad de cancelación aumenta, mientras que cuando gana niveles la probabilidad de cancelación se reduce.

Si la volatilidad aumenta los agentes introducen las órdenes limitadas a precios menos competitivos, esperando una mejora en las condiciones del mercado (vea Focault [11]). Así, la probabilidad de cancelar disminuye.

¹⁵ Para poder comparar los diferentes coeficientes tendremos que calcular las probabilidades marginales.

¹⁶ Si incluimos los órdenes fleeting los resultados no cambian. Esto puede deberse al hecho que las órdenes fleeting son un porcentaje pequeño de las órdenes limitadas totales.

Hipótesis 9: *Un aumento de la volatilidad disminuye la probabilidad de cancelación.*

Large [18] predice que cuando los agentes llegan al mercado con baja frecuencia es preferible cancelar y eliminar el riesgo de no ejecución. Así, un aumento en el número de agentes en el mercado reduce la probabilidad de cancelación. En el análisis utilizamos el número de transacciones como una proxy para el número de agentes.

Hipótesis 10: *Un mayor número de transacciones reduce la probabilidad de cancelar una orden.*

Si $y=1$ indica la cancelación, la probabilidad de cancelación es condicional en el vector de regresores x según la relación:

$$\Pr(y=1|x)=\Lambda(\gamma x)$$

donde γ es un vector de coeficientes y $\Lambda(\cdot)$ es la función de distribución logística acumulada.

Incluimos las siguientes variables explicativas en el análisis. La horquilla relativa (**bidask_t**) y la volatilidad (**volat_t**) calculadas en el instante anterior a la cancelación. El cambio en el número de transacciones en el mercado, calculado como la diferencia entre el número de transacciones en el momento de la cancelación y el que se observaba en el momento de la introducción (**dif_trades**). Una variable dummy (**neg**) que toma valor 1 si la orden pierde niveles entre el momento de la introducción y la cancelación, y un conjunto de variables dummy que representan el nivel a que el orden se ha introducido (**level_i**, con $i = 1, 2, 3, 4, 5$). Nosotros también consideramos la interacción entre el nivel de actividad comercial y la horquilla relativa calculados en el momento de la cancelación (**effect**), ya que sospechamos que el impacto de la horquilla en la decisión

de la cancelar se debilita cuando el nivel de actividad comercial es alto¹⁷. La regresión que vamos a ejecutar es la siguiente:

$$Cancellation_decision_{i,t} = \alpha + \gamma_1(neg)_{i,t} + \gamma_2(bidask_t)_{i,t} + \gamma_3(effect)_{i,t} + \lambda_4(volat_t)_{i,t} + \gamma_5(dif_trades)_{i,t} + \gamma_6(level_1)_{i,t} + \gamma_7(level_2)_{i,t} + \gamma_8(level_3)_{i,t} + \gamma_9(level_4)_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Estimamos el modelo para cada activo (*i*), y para cada lado (compra y venta) del libro. También hemos considerado lo que pasa cuando agregamos las acciones en muestras según el nivel de actividad comercial. Los resultados de las estimaciones de las muestras están en las tablas 7 a 9.

Tabla 7: Modelo de probabilidad logístico para el grupo de **baja** actividad. La variable dependiente es la decisión de cancelar.

	Compra			Venta		
	Coef.	Std Err	z	Coef	Std Err	z
neg	30.009	0.0316	94.92	31.176	0.0345	90.28
bidask _t	330.73	79.277	41.72	346.56	9.284	37.33
effect	-69.043	2.255	-30.62	-63.98	2.656	-24.09
level_1	-0.5204	0.1358	-3.83	-0.1621	0.13	-1.25
level_2	-0.103	0.1391	-0.74	0.2973	0.1342	2.22
level_3	-0.0283	0.1445	-0.20	0.3058	0.1404	2.18
level_4	-0.0883	0.1543	-0.57	0.2441	0.1533	1.59
level_5	dropped			dropped		
volatt	-2.249	0.9028	-2.49	-0.0833	0.0109	-7.61
dif_trades	-0.021	0.0005	-39.29	-0.0246	0.0006	-42.81
cons	-30.947	0.1377	-22.47	-3.51	0.133	-26.38

Tabla 8: Modelo de probabilidad logístico para el grupo de actividad **media**. La variable dependiente es la decisión de cancelar.

	Compra			Venta		
	Coef.	Std Err	z	Coef	Std Err	z
neg	27.857	0.0209	132.88	26.763	0.0228	117.53
bidask _t	529.24	11.416	46.36	517.96	12.112	42.76
effect	-104.98	27.868	-37.67	-88.22	2.922	-30.19
level_1	-0.3546	0.0683	-5.19	-0.514	0.077	-6.68
level_2	0.0085	0.0708	0.12	0.0028	0.079	0.04
level_3	0.0705	0.0747	0.94	0.0881	0.0835	1.06
level_4	0.17102	0.0808	2.12	0.0204	0.090	0.23
level_5	dropped			dropped		
volatt	-17.61	0.5884	-29.93	-0.2328	0.0063	-36.92
dif_trades	-0.0037	0.0001	-32.61	-0.0023	8.46e-05	-26.99
cons	3.094	0.0705	-43.88	-30151	0.0793	-38.02

¹⁷ Una posible razón puede ser que los activos con alta actividad suelen caracterizarse por una horquilla más reducida que el resto del mercado.

Tabla 9: Modelo de probabilidad logístico para el grupo de **alta** actividad. La variable dependiente es la decisión de cancelar.

	Compra			Venta		
	Coef.	Std Err	z	Coef	Std Err	z
neg	20.115	0.0178	112.82	18.528	0.0186	99.45
bidaskt	1382.16	35.053	39.43	1877.3	38.4	48.88
effect	-236.76	6.362	-37.21	-314.08	6.905	-45.49
level_1	-1232	0.0539	-22.83	-0.4854	0.0535	-9.08
level_2	-0.5688	0.0559	-10.18	-0.0627	0.0554	-1.13
level_3	-0.3249	0.0589	-5.51	-0.0296	0.0583	-0.51
level_4	-0.1938	0.0637	-3.04	-0.0793	0.0629	-1.26
level_5	dropped			dropped		
volatt	-2.671	0.2755	-9.70	0.005	0.0025	1.94
dif_trades	-9.59e-05	1.61e-05	-5.94	-7.89e-05	1.53e-05	-5.16
cons	-20.771	0.05584	-37.20	-2859	0.05591	-51.13

Para las muestras con nivel de actividad comercial bajo y medio obtenemos los mismos resultados que para los activos que conforman estas muestras. Sin embargo, para la muestra con actividad comercial alta, los resultados difieren entre activos, sobre todo cuando miramos el impacto de dif_trades. Los resultados se analizan en detalle a continuación.

Un aumento de la horquilla relativa aumenta la probabilidad de cancelación para todas las muestras y activos, como postulaba la **hipótesis 7**.

Cuando la orden pierde niveles después de la colocación, la probabilidad de cancelación aumenta como adelantaba la **hipótesis 8**.

Según la **hipótesis 9** la volatilidad tiene una relación negativa con la probabilidad de cancelación. De hecho, el coeficiente es negativo en todas las regresiones, salvo para el lado de la venta en el grupo con alto nivel de actividad, donde resulta ser no significativo.

Un aumento en el número de transacciones entre el periodo de introducción y cancelación reduce la probabilidad de cancelación para los activos con bajo y medio nivel de actividad comercial, como sugería la **hipótesis 10**. Sin embargo, en el caso de algunos activos con actividad comercial alta (SCH y BBVA) un aumento en el número

de agentes aumenta la probabilidad de cancelación. Sin embargo, para el resto de activos con alta actividad, así como para el caso en que agrupamos los activos con alto nivel de actividad comercial obtenemos un coeficiente negativo, tal y como esperábamos.

Un aumento en la variable de interacción entre la horquilla y el nivel de actividad comercial (**effect**) permite una ejecución más rápida de las órdenes limitadas presentes, por lo que la probabilidad de cancelación disminuye para todos los activos y las tres muestras.

Otro resultado interesante es que las órdenes que se han introducido en el primer nivel tienen una probabilidad más baja de cancelación que las órdenes introducidas en otros niveles para la mayoría de los activos que pertenecen a las muestras con nivel de actividad comercial alto y medio.

4.5 CONCLUSIONES

Este trabajo estudia las cancelaciones en la Bolsa de valores española. Discriminamos entre dos tipos de cancelaciones. Uno representa la cancelación de órdenes que tienen como objetivo recabar información en el mercado y, por esta razón, tienen una duración corta (las órdenes *fleeting*). Mientras, el otro tipo, recoge lo que habitualmente se entiende por orden cancelada: una orden que, debido al cambio en las características del mercado se cancela y, por tanto, suele tener una duración más larga.

En nuestro análisis de la estrategia de emisión de órdenes suponemos que el agente tiene que decidir entre ninguna actividad o introducir una orden de mercado, limitada o *fleeting*, y estudiamos la decisión con un modelo logit multinomial. Los resultados obtenidos para el mercado español confirman los que han sido proporcionados por la

existente literatura teórica y empírica, en la cual no se consideraba la introducción de órdenes *fleeting* como una opción. Una contribución importante de este trabajo es proporcionada por los resultados obtenidos para las órdenes *fleeting*: están positivamente relacionadas con la volatilidad, la horquilla, el nivel de actividad comercial y la presencia de órdenes de mercado¹⁸, mientras la profundidad no parece ser importante. Es decir, parece que estos resultados confirman la idea que tenemos de una orden *fleeting*, una orden que busca información en el mercado y desaparece rápidamente tras su aparición en el libro.

En el caso del resto de órdenes canceladas, la decisión es tomada después de la colocación, cuando las condiciones de mercado cambian y el agente no está satisfecho con el desarrollo del libro de órdenes. En este caso, estimamos un modelo de probabilidad logístico. Encontramos que la decisión de cancelación está positivamente relacionada con la horquilla y la pérdida de niveles de la orden después de su llegada al libro y está negativamente relacionada con la volatilidad, el aumento en el número de transacciones en el mercado y la variable de interacción entre la horquilla y el nivel de actividad comercial.

¹⁸ La probabilidad de observar órdenes *fleeting* aumenta si la última orden introducida es una orden de mercado

APÉNDICE

En esta sección vamos a describir la composición de las tres muestras¹⁹ según el nivel de actividad comercial. Hemos computado el nivel de actividad comercial mediano de cada activo y hemos definido el grupo con nivel de actividad comercial bajo al conjunto de activos con un nivel de actividad comercial mediano menor que 3.8. Cuando el nivel de actividad comercial mediano está entre 3.8 y 5 el título pertenece al grupo con nivel de actividad comercial medio. Finalmente, si la actividad comercial mediana es superior a 5 entonces el activo pertenece a la muestra con nivel de actividad comercial alto.

*Grupo de **baja actividad** (activos con actividad mediana menor a 3.8)*

1. Acesa (ACE).
2. Actividades Construcción Servicios (ACS).
3. Acerinox (ACX).
4. Aguas de Barcelona (AGS).
5. Corporación Financiera Alba (ALB).
6. Acciona (ANA).
7. Hidrocarburos (CAN).
8. Continente (CTE).
9. NH Hoteles (NHH).
10. Pryca (PRY).
11. Red Eléctrica de España (REE).
12. Grupo Vallehermoso (VAL).

¹⁹ La definición y composición de los grupos según su actividad coincide con la realizada en el capítulo anterior.

*Grupo de **actividad media** (activos con actividad mediana entre 3.8 y 5)*

1. Aceralia (ACR.)
2. Altadis (ALT).
3. Amadeus A Privilegiadas (AMS).
4. Bankinter (BKT).
5. Gas Natural (CTG).
6. Grupo Dragados (DRC).
7. Fomento de Construcción Contratas (FCC).
8. Ferrovial (FER).
9. Iberdrola (IBE).
10. Indra (IDR).
11. Banco Popular (POP).
12. Sogecable (SGC).
13. Sol Meliá (SOL).
14. Telefónica Publicidad e Información (TPI).
15. Telepizza (TPZ).
16. Unión Fenosa (UNF).

*Grupo de **alta actividad** (activos con actividad mediana mayor a 5)*

1. Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA).
2. Endesa (ELE).
3. Repsol (REP).
4. (Banco) Santander Central Hispano (SCH).
5. Telefónica (TEF).
6. Terra (TRR).

REFERENCIAS

- [1] Abad, D. (2003), ‘Aspectos Relevantes del diseño microestructural: el caso español’, Ph. D Thesis, Universidad de Alicante.
- [2] Abad, D y M. Tapia (2004), ‘Impacto de cambios en los ticks: la introducción del euro en el mercado bursátil español’, *Revista de Economía Financiera*, 3: 26-63.
- [3] Ahn, H., K. Bae y K. Chang (2001), ‘Limit Orders, Depth and Volatility’, *Journal of Finance*, 56: 767-788.
- [4] Al-Suhaibani, Lawrence Kryzanowsky (2000) ‘An Explanatory Analysis of the Order Book, and Order Flow and Execution on the Saudi Stock Market’, *Journal of Banking & Finance*, 24: 1323-1357.
- [5] Biais, B., P. Hillion, y C. Spatt (1995) ‘An Empirical Analysis of the Limit Order Book and the Order Flow in the Paris Bourse’, *The Journal of Finance*, 50: 1665-1689.
- [6] Cho, J. W., Nelling, E. (2000), ‘The Probability of Limit Order Execution’, *Financial Analysts Journal*, 56: 28-33.
- [7] Connor, J (2000), ‘No Joke: NASD Plans Crackdown on “Spoofing,” Placing and Cancelling a Quote to Spark a Move’, *Wall Street Journal*, Eastern Edition, New York, NY: Feb 28, 2000.
- [8] Crowley, S y O. Sade (2004), ‘Does the Option to Cancel an Order in a Double Auction Market Matter?’, *Economics Letters*, 83: 89-97.
- [9] Easley, D., N. Kiefer y M. O’Hara (1997) ‘One Day in the Life of a Very Common Stock’, *Review of Financial Studies*, 10: 805-835.
- [10] Ellul A., C.W. Holden, P. Jain y R. Jennings (2005), ‘Order Dynamics: Recent Evidence from the New York Stock Exchange’, Working Paper, Indiana University, <http://kelley.iu.edu/cholden/Order%20Dynamics%2005-05-19.pdf>.

- [11] Foucault, T. (1999) 'Order Flow Composition and Trading Costs in a Dynamic Limit Order Markets', *Journal of Financial Markets*, 2: 99- 134.
- [12] Gava, L. (2005), 'The Speed of Limit Order Execution in the Spanish Stock Exchange', Working Paper 05-77, Business Economics Series 18, Universidad Carlos III de Madrid, <http://docuib.uc3m.es/WORKINGPAPERS/WB/wb057718.pdf>.
- [13] Handa, P., y R. Schwartz (1996) 'Limit Order Trading', *The Journal of Finance*, 51: 1835-1861.
- [14] Harris, L. (1998), 'Optimal Dynamic Order Submission Strategies in Some Stylized Trading Problems', *Financial Markets, Institutions and Instruments*, 7: 1-15.
- [15] Hasbrouck J. y G. Saar (2002), 'Limit Orders and Volatility in a Hybrid Market: The Island ECN', Working Paper, New York University, <http://pages.stern.nyu.edu/~gsaar/>
- [16] Hasbrouck J. y G. Saar (2004), 'Technology and Liquidity Provision: The Blurring of Traditional Definitions', Working Paper, New York University, <http://pages.stern.nyu.edu/~gsaar/>.
- [17] Hollifield, B., R. Miller, P. Sandas y J. Slive (2001), 'Liquidity Supply and Demand in Limit Order Markets', Rodney White Centre for Financial Research, Working Paper, University of Pennsylvania, <http://finance.wharton.upenn.edu/~rlwctr/workingpapers/papers2001.html>.
- [18] Large, J. (2004), 'Cancellation and Uncertainty Aversion on Limit Order Books', Working Paper, Nuffield College, Oxford University, <http://www.nu.ox.ac.uk/Economics/Papers/2004/w5/JLargeLimitOBFeb404.pdf>.
- [19] Pardo, A. y R. Pascual (2004), 'On the Hidden Side of Liquidity', Working paper, http://www.uib.es/depart/deeweb/pdi/hdeerpgo/index_personalweb.html.

- [20] Parlour, C. (1998) 'Price Dynamics and Limit Order Markets', *Review of Financial Studies*, 11: 789-816.
- [21] Pascual, R. y D. Veredas (2004), 'What pieces of limit order book are informative', CORE DP 33/2004, http://www.core.ucl.ac.be/services/abstrPDF/abstr2004_33.pdf.
- [22] Ranaldo, A. (2004), 'Order aggressiveness in the limit order book markets', *Journal of Financial Markets*, 7: 53-74.
- [23] Smith, J. (2000), 'Market versus Limit Order Submission Behaviour at a Nasdaq Market Maker' Working paper, Nasdaq Economic Research y AFA New Orleans, <http://ssrn.com/abstract=253013>.
- [24] Sociedad de Bolsas (2001), 'The Spanish Stock Exchange Interconnection System: Market Model', Sociedad de Bolsas, <http://www.sbolsas.com/home.htm>.

CAPÍTULO 5

UN ANÁLISIS DE LA AGRESIVIDAD DE LAS ÓRDENES EN EL MERCADO BURSÁTIL ESPAÑOL

RESUMEN

El objetivo de este capítulo es estudiar los determinantes de la agresividad de una orden en la bolsa de valores española. Para ello, extendemos la categorización de agresividad propuesta por Biais et al. [6] y usamos un logit multinomial para encontrar los determinantes de la agresividad. Los resultados obtenidos muestran que una horquilla más ancha favorece la colocación de órdenes limitadas que se sitúan entre los mejores precios, mientras las órdenes de mercado y órdenes limitadas que se sitúan en el mejor nivel existente o por debajo del mismo parecen menos probables. Un aumento de la profundidad hace la colocación de órdenes agresivas más probable en el mismo lado del libro para obtener prioridad en la ejecución. Una mayor volatilidad favorece la colocación de todos los tipos de órdenes. Ante asimetrías de información, la colocación de órdenes en el mismo lado del libro resulta ser menos agresiva mientras que aumenta

en el otro lado. Considerado la dinámica del mercado podemos observar que un aumento del número de transacciones en el pasado reciente puede animar la aparición de órdenes de mercado y órdenes limitadas agresivas. En la mayoría de los casos un aumento en el número de órdenes limitadas en los últimos 15 minutos provoca la emisión de órdenes del mismo tipo. Finalmente, observamos que las cancelaciones vienen a menudo seguidas por la colocación de una orden limitada agresiva.

5.1. INTRODUCCIÓN

En mercados dirigidos por órdenes los agentes lanzan sus órdenes a un sistema de ejecución centralizado que prioriza las órdenes recibidas según el precio y el momento en que han sido introducidas. Muchas bolsas de valores en el mundo utilizan órdenes limitadas. Una de las razones de su popularidad es la mayor transparencia con respecto al “dealer system”. Típicamente, un libro de órdenes limitadas permite a sus usuarios ver la profundidad a varios niveles de precio alejados del precio de equilibrio del mercado, mientras los “dealer markets” normalmente proporcionan sólo información sobre los mejores precios (vea por ejemplo el Cao et al. [8]).

Algunas de las órdenes emitidas pueden ser bastante agresivas, es decir una orden de venta puede colocarse a un precio que es más bajo que los precios de venta existentes del mismo modo que una orden de compra puede lanzarse al mercado a un precio más alto que cualquier orden de compra existente. En otros casos los precios pueden ser menos agresivos. ¿Qué factores influyen la agresividad de las órdenes? Trataremos de responder a esta pregunta usando los datos disponibles del mercado bursátil español. Nuestro punto de partida es la categorización de agresividad de órdenes propuesta por Biais et al. [6]. Introducimos una nueva categoría llamada ‘ninguna orden’ o ‘evento no

actividad’, y lo consideramos como el menos agresivo. Inicialmente proporcionamos un análisis descriptivo de la bolsa de valores española que usa la nueva categorización para, posteriormente, usar un modelo logit multinomial con el fin de estimar los determinantes de la agresividad que las órdenes presentan.

El resto del capítulo se organiza como sigue. La próxima sección contiene una breve revisión de la literatura. La sección 3 describe institucionalmente el SIBE (mercado español) y la base de datos que usamos, a la vez que proporciona un análisis descriptivo del flujo de órdenes en la bolsa de valores española. A continuación, estimamos el modelo en la sección 5 y presentamos las conclusiones en la sección 6.

5.2. LITERATURA

La noción de agresividad se aplicó inicialmente a la elección entre orden de mercado y orden limitada, donde las órdenes de mercado se consideraban más agresivas. Al-Suhaibani y Kryzanowsky [4] usan un modelo logit tratando de explicar la opción entre órdenes limitadas y de mercado en el mercado Saudita. Encuentran una relación negativa entre la horquilla y la colocación de órdenes de mercado. También, un aumento en el desequilibrio de órdenes de mercado a favor del otro lado del mercado aumenta la probabilidad de observar una orden de mercado. Cuando la proporción de transacciones comenzadas en el mismo lado del libro aumenta, la probabilidad de que la próxima orden sea de mercado aumenta. Los agentes más activos y los que emiten órdenes de tamaño reducido son más proclives a emitir órdenes de mercado. Harris y Hasbrouck [18] analizan el comportamiento de diferentes tipos de órdenes en el NYSE. Diferencian las órdenes y transacciones según su agresividad, y se centran en la rentabilidad de las órdenes. Proponen dos medidas, una para los agentes activos y otra

para los comerciantes pasivos. Los resultados sugieren que los órdenes limitadas emitidas al mejor precio o mejorando a este obtienen mejores resultados que las órdenes de mercado, incluso después de ser penalizadas por las órdenes limitadas no ejecutadas. Biais et al. [6] propusieron una clasificación sistemática de órdenes según su nivel de agresividad. La clasificación se ha usado por Griffiths et al. [15], Ranaldo [25], Pascual y Veredas. [24], Abad [1], Elull et al. [12], Sasaki [27], Cao et al. [8], Beber y Caglio [5]. Todos estos estudios, con la excepción, de Elull et al. [12], usan un modelo probit ordenado.

Ranaldo [25] analiza la Bolsa de valores suiza y observa que los agentes pacientes se tornan más agresivos cuando el lado del libro donde se ha colocado la orden (el lado opuesto) contiene un mayor (menor) número de órdenes, cuando la horquilla se hace más ancha y ante incrementos en la volatilidad. Los lados de la compra y la venta afectan de modo diferente a la emisión de órdenes.

Griffiths et al. [15] investigan los costes y determinantes de la agresividad de las órdenes en la bolsa de valores de Toronto. Las órdenes agresivas tienen mayor impacto en el precio pero menor coste de oportunidad que las órdenes pasivas. Los impactos en el precio se ven amplificados por las órdenes grandes, las empresas de tamaño pequeño y la volatilidad en el precio del activo. Órdenes agresivas de compra (venta) tienden a aparecer tras otras órdenes agresivas de compra (venta) pide y tienden a ocurrir cuando la horquilla es estrecha y la profundidad en el mismo (opuesto) lado del libro es grande (pequeño). Las órdenes de compra agresivas tienen mayor probabilidad de estar motivadas por información recibida que las órdenes agresivas de venta.

Abad [1] analiza la bolsa de valores española y descubre que una horquilla más ancha lleva a observar órdenes menos agresivas mientras mayor profundidad en el mismo lado del libro aumenta la probabilidad de órdenes más agresivas. Este hallazgo apoya la

intuición de que los agentes ofrecen liquidez al mercado cuando es necesario y la demandan cuando es abundante. La volatilidad afecta positivamente a la colocación de órdenes limitadas y negativamente a la emisión de órdenes de mercado. En este caso observamos resultados asimétricos entre los dos lados del mercado.

Cao et al. [8] centran su análisis en la bolsa de valores australiana. Están interesados en ver cómo los agentes usan la información contenida en el libro de órdenes. Encuentran que no sólo es importante el primer nivel, su estudio parece apoyar la idea de que la estrategia de emisión de órdenes usa información contenida también en otros niveles.

Beber y Caglio [5] examinan las estrategias de emisión de órdenes en una muestra que contiene a los diez activos más negociados del NYSE, usando la base de datos TORQ. Investigan el papel de la información asimétrica en la estrategia de emisión de órdenes. La agresividad de la orden depende del estado del libro y de la dinámica del activo. Los determinantes más importantes son la profundidad en el mismo lado del libro y el indicador momentum. Cuando analizan situaciones específicas caracterizadas por una mayor probabilidad de transacciones motivadas por información, parece que las órdenes son menos agresivas, haciendo pensar en el comportamiento estratégico de los agentes informados.

Sasaki [27] analiza la bolsa de valores de Tokio y obtiene que el efecto de los determinantes varía a lo largo del tiempo, reflejando el entorno del mercado y la variación a lo largo del día. No encuentra efecto diagonal u horquilla. Esta diferencia con el resto de la literatura se debe, probablemente, al hecho de que la bolsa de valores de Tokio es un mercado relativamente ilíquido. Lo que sí encuentra es un efecto profundidad, confirmando así los resultados de Ranaldo [25] y Griffiths et al. [15].

Pascual y Veredas [24] analizan el impacto de la información contenida en el libro de órdenes completo en la Bolsa de valores española y encuentran que la información

contenida más allá del mejor nivel resulta útil a la hora de explicar la agresividad de un posible proveedor de liquidez que llegue al mercado. Sin embargo, los niveles más altos del libro no afectan la decisión estratégica de un próximo consumidor de liquidez.

Elull et al. [12] usan un modelo logit multinomial para estudiar los determinantes de la estrategia de emisión de órdenes en el NYSE. Inicialmente estudian los determinantes de órdenes limitadas y de mercado y encuentran que horquillas más anchas (estrechas) aumentan la probabilidad de órdenes limitadas (de mercado), mayor profundidad en el primer nivel favorece la emisión de órdenes de mercado y, a mayor retorno de la acción en el pasado inmediato, mayor (menor) es la probabilidad de órdenes limitadas de venta (compra) para ese activo. Mayor volatilidad aumenta la llegada de órdenes limitadas de compra, órdenes limitadas por lo mejor de venta y órdenes de mercado de venta. Estos resultados se confirman y enriquecen cuando la agresividad de las órdenes observadas es considerada.

Lo y Sapp [21] proponen un método que tiene en cuenta el hecho de que los comerciantes tengan que determinar la agresividad en precio y cantidad simultáneamente; estudian empíricamente cómo los inversores toman estas decisiones usando un modelo de ecuaciones simultáneas. Implementan un modelo probit ordenado para tener en cuenta la naturaleza discreta de la agresividad en precio y un modelo de regresión censurado es llevado a cabo para capturar las agrupaciones de órdenes emitidas con el mínimo volumen (1 millón de dólares). Utilizan datos de cotizaciones de empresas enviadas al sistema Reuters D-2000-2 en el mercado Marco Alemán-Dólar Americano. Las órdenes más agresivas tienden a ser más pequeñas en tamaño cuando se lanzan o cancelan. La profundidad en el mismo (opuesto) lado del mercado provoca órdenes menos (más) agresivas y tamaños más pequeños (grandes). Las órdenes se

tornan más (menos) agresivas si hay órdenes más agresivas que entran en el lado contrario del mercado.

El objetivo de este capítulo es estudiar los determinantes de la agresividad de las órdenes en la bolsa de valores española. Para ello usamos la categorización hecha por Biais et al. [6] introduciendo algunos cambios. Primero, siguiendo a Griffiths et al. [15], Abad¹ [1] y Lo y Sapp [21], eliminamos la cancelación como una categoría al no considerarla una emisión sino algo posterior a la emisión de una orden limitada. Además, introducimos una nueva categoría, ‘ninguna actividad’; ya que si no se observa actividad es una señal de paciencia por parte del comerciante, que prefiere esperar a realizar su participación en el mercado. Por consiguiente, esta categoría es considerada como la menos agresiva. El próximo paso es estudiar las condiciones de mercado que afectan a la agresividad de la estrategia orden de emisión de órdenes. Usamos un modelo logit multinomial obteniendo que si la horquilla crece desincentiva la colocación de órdenes de mercado u órdenes limitadas por debajo los mejores precios observables en el libro, mientras que parece favorecer la presencia de órdenes limitadas agresivas. Un aumento en la profundidad en el mismo lado del libro anima la colocación de órdenes del mercado y órdenes limitadas agresivas en detrimento de órdenes limitadas menos agresivas. En el caso de la profundidad del lado contrario del libro, las órdenes limitadas más agresivas parecen perder posibilidades mientras el resto de órdenes son más probables. En períodos muy volátiles el evento ‘no actividad’ es menos probable. La asimetría de información entre agentes hace más probable la colocación de órdenes limitadas menos agresivas en el mismo lado del libro y más agresivas en el lado

¹ Así como Abad [1] en su análisis sólo tiene en cuenta la información contenida en los mejores niveles de compra y venta, en nuestro estudio, manejamos la información contenida en ambos lados del libro hasta el quinto nivel. Esto es más consecuente con la literatura posterior que ha aparecido en los últimos años en este campo, que parece coincidir en el hecho de que la información que los agentes manejan a la hora de decidir su estrategia de colocación de órdenes es mayor que la contenida en los mejores niveles.

opuesto. Considerado la dinámica del mercado se aprecia que un aumento en el número de transacciones en el pasado reciente puede animar la emisión de órdenes de mercado y órdenes limitadas agresivas. En la mayoría de los casos un aumento en el número de órdenes limitadas en los últimos 15 minutos induce la aparición de órdenes del mismo tipo. Con respecto a la cancelación de órdenes al mejor precio, podemos concluir que les sigue la colocación de órdenes limitadas agresivas.

5.3. LA BOLSA DE VALORES ESPAÑOLA Y LAS BASES DE DATOS

En esta sección vamos a presentar brevemente las características institucionales del mercado bursátil español, conocido como SIBE (véase [29]), y la base de datos que vamos a utilizar (para una descripción más completa véase Gava [14]). Proporcionamos, además, una descripción del flujo de órdenes y su composición durante el día de negociación.

5.3.1. Características institucionales de SIBE

El mercado español es un mercado dirigido por órdenes, con proveedores de liquidez para determinadas acciones. El mercado ofrece información de tiempo real sobre la actividad de negociación, así la transparencia se garantiza totalmente. Permanece abierto de lunes a viernes en días laborables. El día de negociación se compone de tres periodos diferentes. Hay dos subastas: una al principio de la sesión comercial, llamada Subasta de Apertura, y la otra al final del día, llamada subasta de cierre. La primera dura 30 minutos, abriendo a las 8:30, con un periodo de 30 segundos de cierre aleatorio para prevenir la manipulación del precio. La segunda tiene lugar entre 5:30pm y 5:35pm, con

las mismas características de la subasta de apertura. Durante las subastas las órdenes pueden ser introducidas, modificadas, canceladas, pero ninguna orden se ejecuta. Después del cierre aleatorio, el periodo de asignación de las órdenes empieza, durante el cual las acciones relacionadas con las órdenes sujetas a la ejecución al precio fijado por la subasta se negocian.

Entre las dos subastas tenemos el período de Mercado Abierto, que funciona entre las 9 a.m y las 5:30 p.m. Durante este período las órdenes pueden ser introducidas, modificadas, alteradas, canceladas y ejecutadas al precio especificado según las normas de mercado abierto. El libro de órdenes está abierto y visible para todos los miembros del mercado y las órdenes con el mejor precio (para la compra el precio más alto y para la venta el más bajo) tienen la prioridad en el libro. Cuando los precios son el mismo, los órdenes que entraron primero tienen la prioridad. Además, las órdenes de mercado introducidas en el sistema son ejecutadas al mejor precio del lado opuesto del libro. Las órdenes pueden (en uno o varios pasos), ejecutarse parcialmente, ser canceladas o no ejecutarse, por lo que cada orden puede generar varias transacciones.

Las órdenes pueden incorporar volúmenes ocultos, caso en el que sólo una parte del volumen a negociar es visible en el sistema pero (de forma diferente a lo que ocurre en el mercado de ECN analizado por Hasbrouck y Saar [19]) no se permiten las órdenes completamente ocultas²

Una vez que el volumen visible se ha ejecutado, el resto es considerado como una orden de volumen oculto recientemente introducida (iceberg). Las órdenes en el SIBE pueden ser válidas para los períodos siguientes de tiempo: durante un día; hasta una fecha específica, hasta la cancelación. Las órdenes con una validez mayor a un día mantienen su prioridad en el sistema de acuerdo con su precio y tiempo de entrada. Cuando se

modifica una orden pierde la prioridad, un nuevo número de orden se genera y entra en el sistema como una orden recientemente introducida.

5.3.2. Datasets

La base de datos de las órdenes introducidas, sus duraciones y finalización (cancelación, ejecución o expiración) no se encuentran explícitamente disponibles, por lo que resulta necesario obtener estos datos combinando las tres base de datos que nos ha proporcionado *Sociedad de Bolsas*, la compañía que se encarga del SIBE.

Vamos a describir brevemente la información disponible en las tres base de datos y los algoritmos que hemos utilizados; para una descripción más completa puede consultarse el capítulo II de esta tesis.

El archivo MP contiene la información sobre el libro de órdenes tal y como es disponible para los participantes del mercado. Podemos observar los cinco mejores niveles en el lado de la compra y de la venta del libro.

El archivo SM contiene información sobre el volumen y precio del mejor nivel de compra y de venta.

El archivo BASA contiene la información desagregada de las transacciones, ofreciendo su volumen, precio y momento en que ocurrieron durante la sesión comercial.

Las bases de datos pueden combinarse para encontrar la información sobre los eventos que han generados los cambios en el libro de órdenes. Es decir, combinando la información contenida en las base de datos podemos obtener para cada lado del mercado las nuevas órdenes introducidas con sus precios, volumen, momento de

²Vea a Pardo y Pascual [22] para una discusión sobre el papel de las órdenes con volumen oculto en el mercado bursátil español.

introducción, así como de las transacciones y cancelaciones que ocurrieron durante la sesión comercial³.

De esta manera obtenemos una base de datos compuesta por las nuevas órdenes colocadas durante el período de análisis, sus tiempos de cancelación, ejecución o expiración y el valor de las variables explicativas en el momento de emisión de la orden y en el momento de la cancelación, ejecución o expiración de la misma. A la base de datos del libro de órdenes vamos a agregar todas las órdenes de mercado introducidas en el mercado, con lo que dispondremos de una base de datos completa de todas las órdenes que se han colocado en el mercado.

Primero, usando la definición de agresividad dada por el Biais et al. [6] definimos siete categorías de eventos que corresponden a los grados decrecientes de agresividad. Los tres tipos de órdenes más agresivos implican una ejecución inmediata. El más agresivo es una orden de mercado de compra (venta) que limpia el mejor nivel y una parte de los siguientes niveles del lado opuesto del libro. La segunda categoría está compuesta por órdenes de mercado que limpian el primer nivel del lado opuesto del libro. La tercera categoría contiene órdenes de mercado que demandan (ofrecen) una cantidad menor que la existente en el mejor nivel del lado opuesto del libro. Las siguientes tres categorías representan órdenes cuya ejecución no es inmediata. La primera de esta serie se compone de órdenes limitadas introducidas con un precio dentro de la horquilla, por lo que es claro que mejoran el precio con respecto a los órdenes limitadas previamente existentes pasando a tener prioridad en la ejecución. La quinta categoría representa órdenes limitadas introducidas al mejor precio y la sexta categoría está compuesta de órdenes limitadas cuyo precio es peor que el mejor precio que consta en el libro; estas dos últimas categorías no tienen la prioridad en la ejecución. La última categoría

³Para ello utilizamos la metodología propuesta por Abad [1] para clasificar los eventos en el archivo SM,

consiste en no introducir ninguna orden, la categoría menos agresiva. Claramente, para las primeras seis categorías debemos distinguir entre el lado en que la orden entra, compra o venta.

El evento ‘ninguna actividad’ se define de la manera siguiente. Primero, computamos el tiempo medio (t_m) entre órdenes sucesivas para cada uno de los activos de la muestra. Segundo, siempre que el tiempo entre órdenes sea más alto que el promedio introducimos un evento ‘ninguna actividad’ t_m segundos después de la última orden, insertando tantos eventos de este tipo como sea necesario hasta que el tiempo que transcurre entre el último de ellos introducido y la nueva orden observada sea menor que t_m .

Esta definición de ‘ninguna actividad’ sigue estrechamente el propuesto en Ellul et al. [12]; con la única diferencia de que en su caso el intervalo de tiempo de no actividad se define como el mínimo entre el tiempo mediano transcurrido entre órdenes sucesivas y cinco minutos. En nuestro dataset escogemos el tiempo medio (y no el mediano) entre los eventos para tener en cuenta también los valores más altos, que tienden a ser bastante frecuentes. Todos los tiempos medios entre eventos son más menores que 5 minutos, por lo que podemos ignorar esta parte. Easley, Kiefer y O'Hara [11] usan una definición similar del evento ninguna actividad para modelar y estimar el paso del tiempo sin movimientos en el mercado.

Las categorías descritas anteriormente serán las que utilicemos a la hora de realizar el análisis descriptivo del mercado bursátil español. A la hora de llevar a cabo el análisis econométrico de los datos disponibles usaremos una categorización ligeramente distinta. Concretamente, dividiremos las órdenes de mercado únicamente en dos categorías, grande (tamaño de la orden por encima de la mediana de la muestra) y pequeña (tamaño

combinándola con la información que nos ofrecen los archivos BASA y MP.

por debajo de la mediana). La razón de introducir esta clasificación alternativa es que usaremos la profundidad del libro como variable explicativa. Dado que la clasificación inicialmente propuesta clasifica las órdenes de mercado en término de la profundidad del libro, esto podría generar problemas en los resultados de las regresiones. Por ello, procedemos del siguiente modo: computamos el tamaño de la orden de mercado mediana para cada activo y lado del libro para posteriormente definir las nuevas categorías de órdenes de mercado comparando el tamaño de la orden con el tamaño de la orden mediana del activo para el lado del libro al que corresponde la orden analizada. Así, en nuestro análisis de la regresión la categoría más agresiva está compuesta por órdenes de mercado con un tamaño más grande o igual a la orden de mercado mediana, mientras la segunda categoría en términos de agresividad viene determinada por órdenes de mercado con un volumen más pequeño que la orden de mercado mediana. Las categorías restantes no sufren modificaciones.

El período considerado es el comprendido entre Julio y Septiembre del año 2000, y los activos son los pertenecientes al IBEX 35 excepto ZELTIA, ya que en Septiembre del 2000 la compañía realizó un desdoblamiento.

5.4. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

En esta sección proporcionamos un análisis descriptivo del mercado español prestando especial atención a la agresividad en precio de las órdenes.

5.4.1. Las Probabilidades Incondicionales de Órdenes y Transacciones

Comenzamos dividiendo los eventos en 13 categorías de acuerdo a la propuesta realizada en la sección anterior, que resumimos a continuación:

Orden	con	Lado	Categoría
de Mercado	Tamaño Grande	Compra	1
		Venta	2
	Tamaño Mediano	Compra	3
		Venta	4
	Tamaño Pequeño	Compra	5
		Venta	6
Limitada	Agresividad Positiva	Compra	7
		Venta	8
	Agresividad Cero	Compra	9
		Venta	10
	Agresividad Negativa	Compra	11
		Venta	12
NINGUNA ACTIVIDAD			13

Las *tablas 1a* y *1b* muestran la frecuencia de los diferentes tipos de eventos. La *tabla 1a* considera todos los eventos. Podemos observar que el evento ‘ninguna actividad’ es el más frecuente. La *tabla 1b* muestra la frecuencia de las distintas órdenes que se observan en el mercado, es decir, ignora el evento ‘ninguna actividad’. Si se analizan las órdenes reales y las transacciones, la mayoría corresponde a las órdenes de mercado emitidas con un volumen más pequeño que la profundidad existente en el mejor nivel del lado opuesto del libro.

Tabla 1a: Proporción de órdenes, transacciones y 'ninguna actividad' para cada submuestra

Categoría		Alta Actividad	Actividad Media	Baja Actividad
Orden de mercado de tamaño grande	Compra (1)	1,19%	1,42%	1,19%
	Venta (2)	1,51%	1,65%	1,42%
Orden de mercado de tamaño grande	Compra (3)	2,81%	2,67%	1,78%
	Venta (4)	3,24%	2,97%	1,85%
Orden de mercado de tamaño grande	Compra (5)	9,18%	12,49%	17,80%
	Venta (6)	11,48%	13,57%	18,83%
Orden limitada agresiva	Compra (7)	8,56%	5,98%	3,45%
	Venta (8)	7,18%	5,26%	3,24%
Orden limitada con agresividad cero	Compra (9)	4,26%	3,89%	3,65%
	Venta (10)	3,51%	3,68%	3,50%
Orden limitada con agresividad negativa	Compra (11)	3,78%	3,92%	3,25%
	Venta (12)	3,35%	3,40%	3,53%
NINGUNA ACTIVIDAD (13)		39,94%	39,10%	36,50%

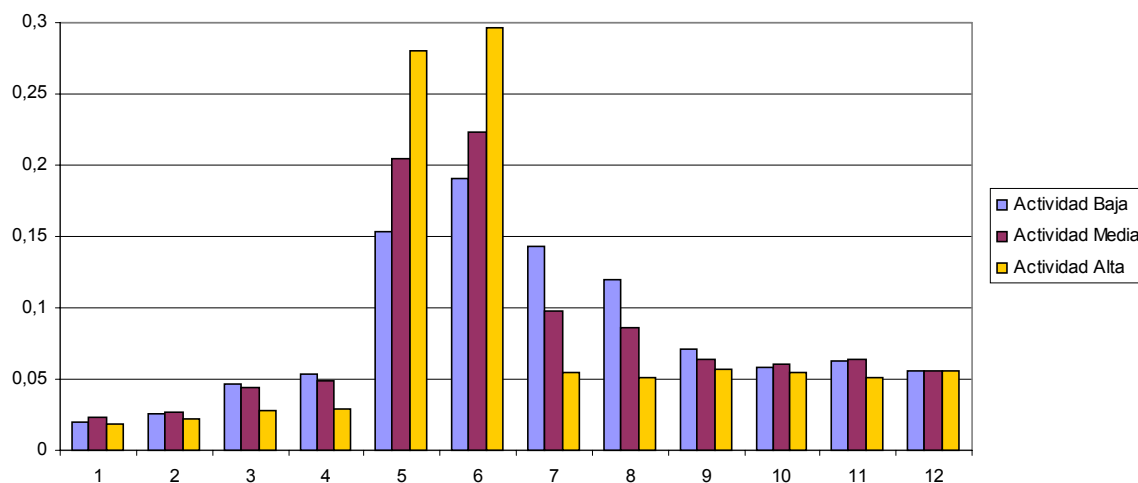
Tabla 1b: Proporción de órdenes y transacciones para cada submuestra

Categoría		Alta Actividad	Actividad Media	Baja Actividad
Orden de mercado de tamaño grande	Compra (1)	1,99%	2,33%	1,88%
	Venta (2)	2,52%	2,71%	2,23%
Orden de mercado de tamaño grande	Compra (3)	4,67%	4,38%	2,80%
	Venta (4)	5,39%	4,87%	2,92%
Orden de mercado de tamaño grande	Compra (5)	15,29%	20,52%	28,04%
	Venta (6)	19,12%	22,28%	29,65%
Orden limitada agresiva	Compra (7)	14,25%	9,82%	5,43%
	Venta (8)	11,95%	8,64%	5,10%
Orden limitada con agresividad cero	Compra (9)	7,10%	6,39%	5,74%
	Venta (10)	5,84%	6,05%	5,51%
Orden limitada con agresividad negativa	Compra (11)	6,29%	6,43%	5,12%
	Venta (12)	5,58%	5,58%	5,57%

La *figura 1* muestra la frecuencia de las diferentes órdenes dependiendo del nivel de actividad de los activos. Para ello, hemos dividido la muestra de activos en tres grupos, el primero de ellos con alta actividad, otro con nivel de actividad medio y un último grupo con baja actividad (véase Brusco y Gava [7]). Las órdenes de mercado pequeñas son especialmente frecuentes para los activos que pertenecen al grupo de actividad comercial alto. El siguiente evento en lo que a frecuencia se refiere viene representado por las órdenes limitadas con precios que mejoran los que constaban en el libro antes de

su llegada, en este caso sólo para los grupos con nivel de actividad medio y bajo⁴. La mayoría de la actividad comercial tiene lugar a los mejores precios o mejorando estos. Según Biais et al. [6], las transacciones eliminan inicialmente los mejores niveles del libro, que ve como se amplía la horquilla y/o reduciendo la profundidad en dichos niveles. Cuando esto ocurre, nuevas órdenes al mejor precio o mejorando a éste son atraídas, aumentando la profundidad del mejor nivel o creando un nuevo nivel que mejoraría el actualmente disponible y estrecharía la horquilla. También es destacable el hecho de que la proporción de órdenes de mercado en el lado de la venta es más alta que en el lado de la compra mientras las órdenes limitadas siguen el patrón contrario. Este último resultado parece confirmar el resultado presente en la literatura cuando se analizan otros mercados bursátiles apuntando a la existencia de asimetría entre los dos lados del libro y el uso de diferentes tipos de órdenes.

Figura 1: Distribución de órdenes y transacciones según su categoría (1 a 12) en cada una de las submuestras definidas de acuerdo al nivel de actividad

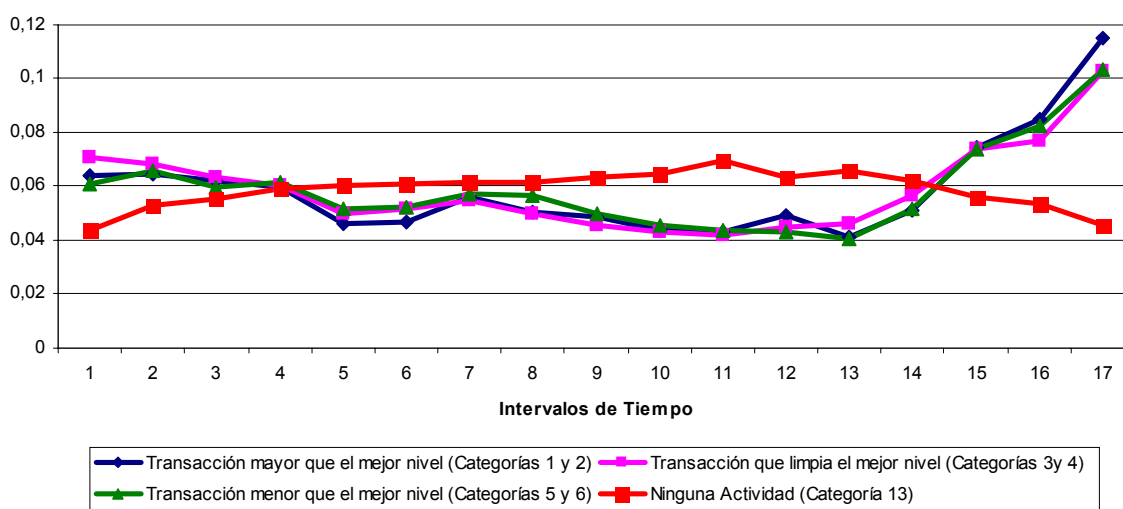


⁴La razón de que el grupo con alta actividad no se encuentre presente en este punto puede deberse a que, normalmente, la horquilla en los activos que pertenecen a este grupo suele ser menor que en el resto de activos, imposibilitando en ocasiones la mejora de los precios existentes, que ya se encuentran a un tick el uno del otro.

5.4.2. Órdenes y Transacciones durante el día⁵

La evolución de órdenes tiende a seguir un patrón con forma de U a lo largo de la sesión comercial para todas las categorías de órdenes limitadas (*Figuras 2 a 7*). Esa forma de U es especialmente acusada en el caso del grupo con alta actividad (*Figuras 6 y 7*), mientras para las otras dos muestras la proporción de órdenes de mercado resulta ser más baja al principio del día y parece que esta caída es mayor para el grupo con baja actividad comercial. En todas las submuestras la proporción de órdenes de mercado grandes es muy alta al final del día, seguida en frecuencia por los otros tipos de órdenes de mercado. Ésta puede ser una consecuencia del efecto “fecha tope”: la mayoría de acuerdos se concluye cerca del fin del horizonte de negociación (Roth et al. [26]). Probablemente, los agentes han esperado y al encontrarse cerca el fin de la sesión deciden realizar la transacción en ese momento.

Figura 2: Grupo de Bajo nivel de actividad: Proporción de transacciones y 'Ninguna Actividad' para cada categoría a lo largo de la sesión.



⁵A la hora de analizar la evolución de las distintas variables mientras el mercado está abierto, dividimos el periodo de negociación (9:00 a 17:30) en 17 intervalos de 30 minutos de duración cada uno.

Figura 3: Grupo de Bajo nivel de actividad: Proporción de órdenes limitadas y 'Ninguna Actividad' para cada categoría a lo largo de la sesión.

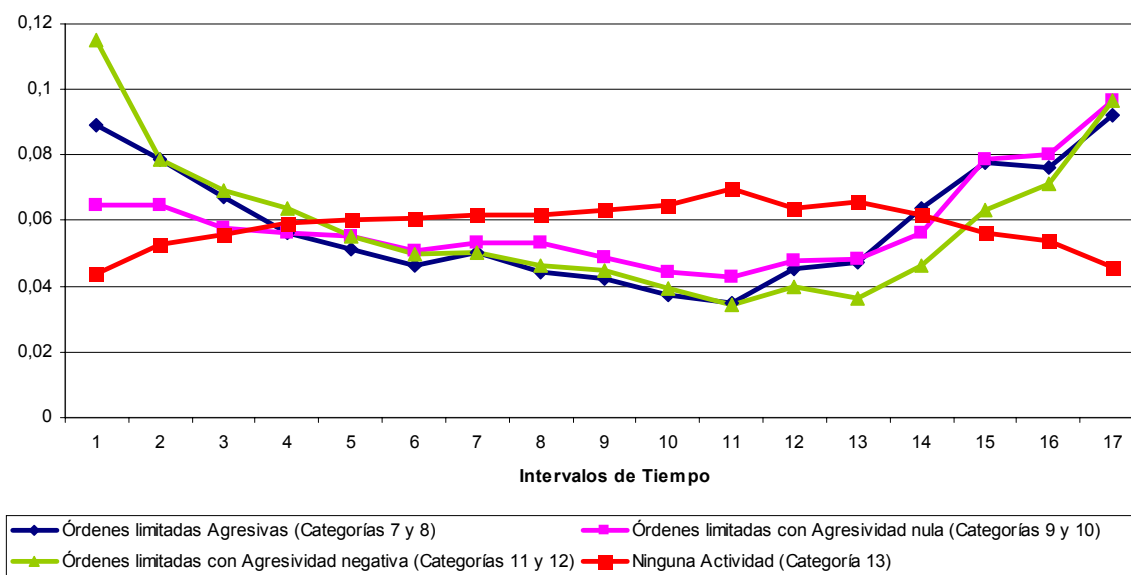


Figura 4: Grupo de nivel de actividad medio: Proporción de transacciones y 'Ninguna Actividad' para cada categoría a lo largo de la sesión.

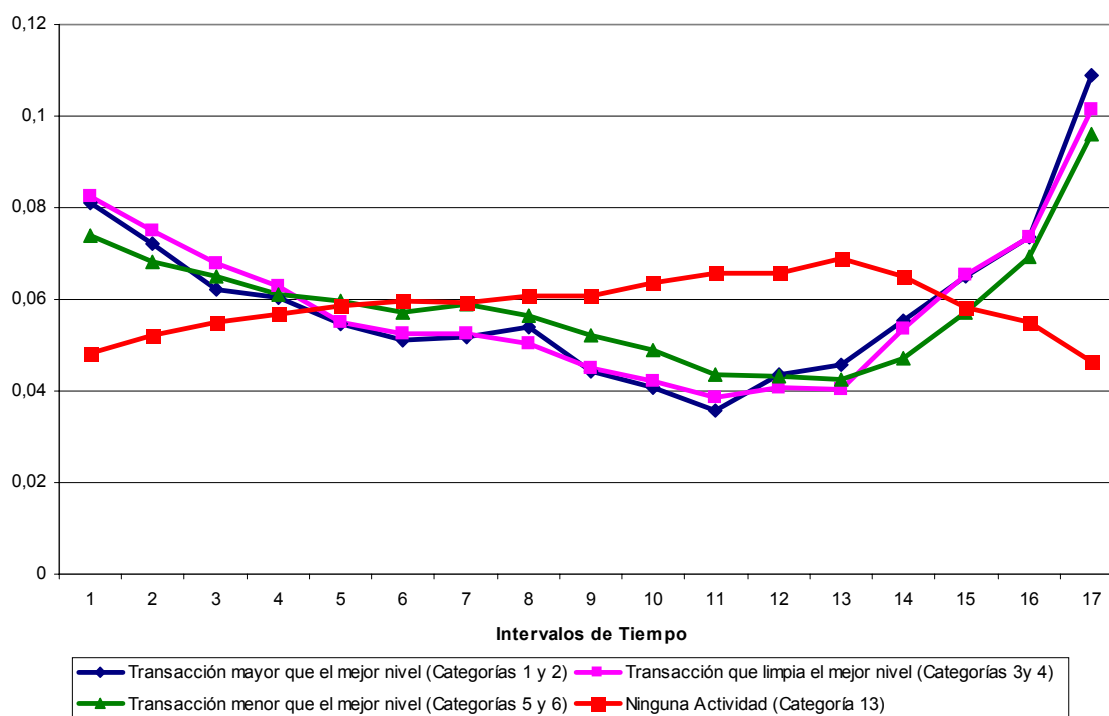


Figura 5: Grupo de nivel de actividad medio: Proporción de órdenes limitadas y 'Ninguna Actividad' para cada categoría a lo largo de la sesión.

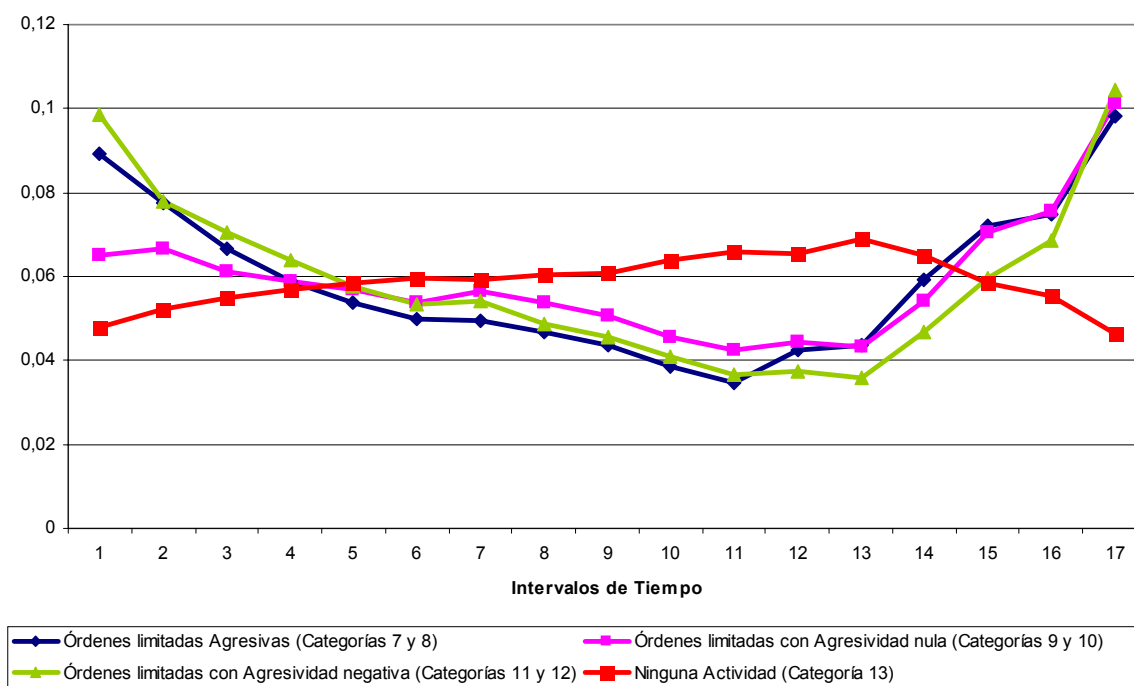


Figura 6: Grupo de Alto nivel de actividad: Proporción de transacciones y 'Ninguna Actividad' para cada categoría a lo largo de la sesión.

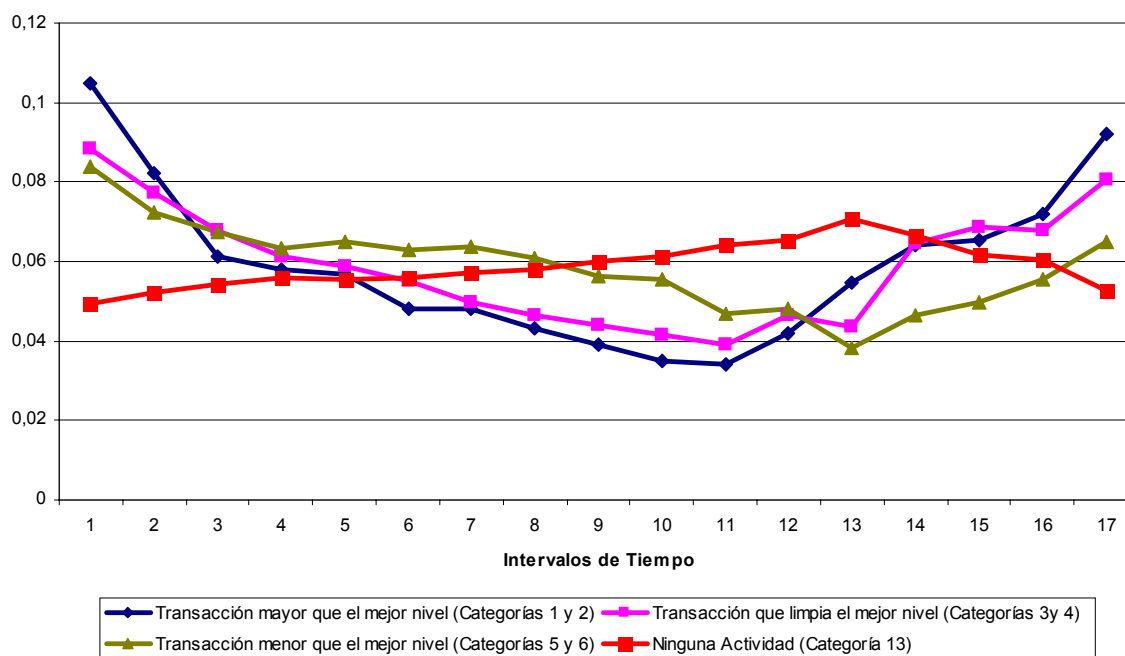
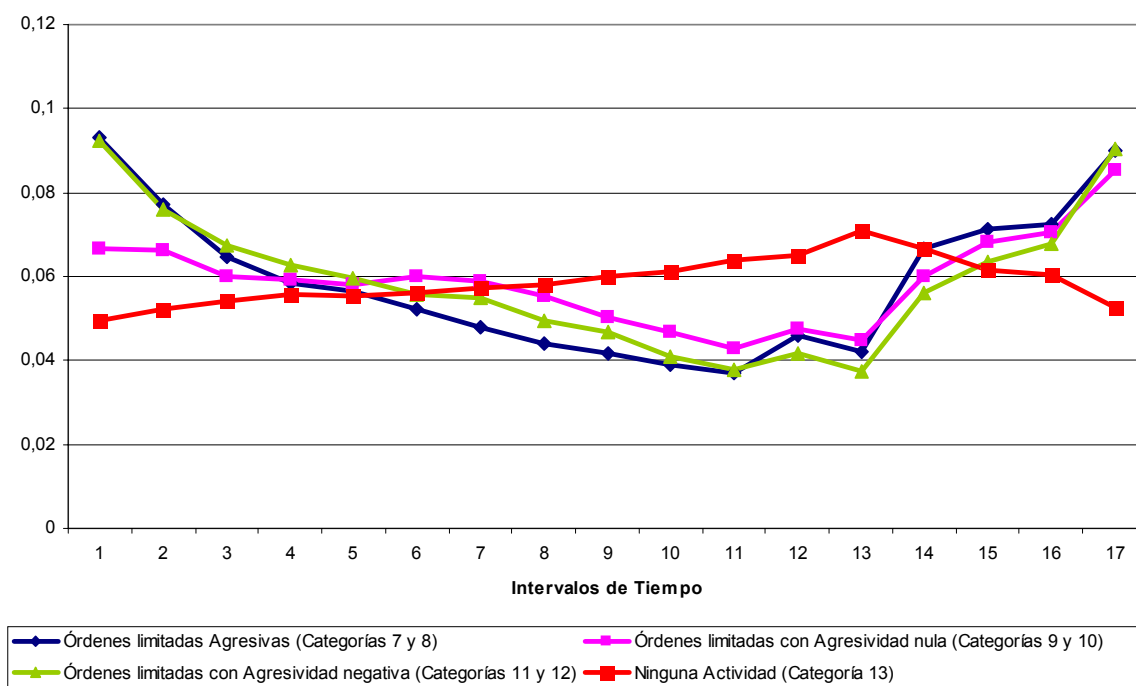


Figura 7: Grupo de alto nivel de actividad: Proporción de órdenes limitadas y 'Ninguna Actividad' para cada categoría a lo largo de la sesión.



5.4.3. Órdenes y Transacciones Condicionales en el Último Evento

Consideremos ahora la frecuencia de cada uno de las 13 categorías condicional en el evento anterior que ha tenido lugar en el mercado. Los resultados se presentan en las *Tablas 2 a 4* para las tres submuestras definidas según el nivel de actividad. Estas tablas son tablas de contingencia (es decir, matrices con probabilidades de transición) donde cada fila es un vector de probabilidad que suma uno. Por ejemplo, la primera entrada en la *Tabla 2* indica que, para las acciones en el grupo de actividad comercial bajo, después de un evento categoría 1 (orden de mercado de compra con un volumen mayor que el mejor nivel de venta) la probabilidad de que el próximo evento sea otra orden de mercado grande de compra es 24.41%, mientras la probabilidad de un evento 'ninguna actividad' (es decir, más tiempo que el transcurrido entre dos órdenes en media pasará antes de que una nueva orden llegue al mercado o una transacción tenga lugar), definido por la categoría 13, es 5.09%.

Tabla 2: Frecuencia condicional de cada categoría en la categoría que ha tenido lugar anteriormente.

Grupo de Baja Actividad		Categoría Observada												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Categoría anterior	1	24,4%	0,2%	23,6%	0,4%	19,2%	1,8%	10,3%	7,5%	1,6%	3,2%	1,3%	1,3%	5,1%
	2	0,2%	26,1%	0,5%	23,1%	1,7%	18,3%	8,7%	9,4%	3,1%	1,4%	1,0%	1,1%	5,4%
	3	9,6%	0,3%	2,2%	1,0%	11,0%	3,1%	51,0%	4,3%	2,4%	2,1%	2,3%	2,0%	8,7%
	4	0,2%	11,1%	1,0%	2,2%	2,9%	14,0%	4,9%	45,1%	2,2%	2,3%	2,0%	2,0%	9,9%
	5	2,7%	0,4%	5,4%	1,8%	33,6%	5,7%	10,3%	3,7%	3,6%	5,8%	3,5%	2,9%	20,6%
	6	0,3%	2,6%	1,4%	5,8%	4,4%	35,3%	4,6%	8,4%	6,0%	3,0%	2,9%	2,9%	22,2%
	7	0,7%	1,0%	4,0%	5,9%	9,5%	7,7%	13,7%	6,3%	9,3%	3,5%	7,9%	3,6%	26,9%
	8	0,8%	0,9%	5,9%	4,7%	6,8%	11,3%	8,1%	12,6%	3,8%	7,1%	4,2%	7,2%	26,5%
	9	0,5%	0,6%	2,6%	1,2%	8,3%	17,6%	11,4%	5,9%	8,6%	3,6%	5,1%	3,6%	31,0%
	10	0,5%	0,6%	1,2%	2,9%	15,8%	9,5%	8,4%	8,7%	4,4%	7,1%	4,4%	4,7%	31,7%
	11	0,6%	0,7%	2,5%	4,0%	8,9%	9,2%	9,5%	6,6%	5,2%	4,0%	12,1%	4,5%	32,2%
	12	0,6%	0,7%	3,8%	3,0%	7,6%	10,4%	8,4%	7,6%	4,4%	4,6%	5,0%	9,8%	34,2%
	13	0,3%	0,4%	1,6%	1,7%	5,3%	7,1%	5,2%	3,9%	2,8%	2,3%	2,4%	2,4%	64,6%
Frecuencia Incondicional		1,2%	1,5%	2,8%	3,2%	9,2%	11,5%	8,6%	7,2%	4,3%	3,5%	3,8%	3,4%	39,9%

Tabla 3: Frecuencia condicional de cada categoría en la categoría que ha tenido lugar anteriormente.

Grupo de Actividad Media		Categoría Observada												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Categoría anterior	1	27,9%	0,2%	19,1%	0,6%	23,9%	2,5%	7,6%	5,3%	1,5%	3,1%	1,6%	1,3%	5,4%
	2	0,2%	28,9%	0,5%	20,0%	2,3%	22,4%	6,1%	7,5%	2,7%	1,3%	1,2%	1,4%	5,6%
	3	10,6%	0,4%	1,8%	1,0%	12,0%	4,2%	49,0%	3,2%	2,4%	1,9%	2,6%	2,0%	8,8%
	4	0,4%	11,5%	0,9%	2,0%	4,3%	14,3%	3,7%	44,0%	2,1%	2,2%	2,1%	2,2%	10,3%
	5	2,8%	0,4%	4,0%	1,7%	38,6%	6,7%	6,7%	2,8%	3,3%	5,2%	4,0%	2,9%	20,8%
	6	0,3%	2,9%	1,5%	4,4%	6,2%	40,3%	3,3%	6,3%	4,7%	2,8%	2,9%	3,0%	21,4%
	7	0,8%	1,2%	4,4%	6,5%	12,1%	9,8%	7,9%	5,2%	8,2%	3,9%	8,6%	4,2%	27,3%
	8	1,1%	0,9%	6,5%	4,8%	9,3%	13,1%	6,2%	7,0%	4,0%	7,0%	4,7%	7,9%	27,4%
	9	0,6%	0,6%	2,8%	0,9%	11,3%	17,9%	7,5%	4,6%	7,6%	4,6%	5,6%	4,2%	31,9%
	10	0,6%	0,7%	1,0%	2,8%	19,1%	11,0%	5,6%	5,6%	4,8%	7,4%	5,3%	5,0%	31,2%
	11	0,6%	0,8%	2,8%	3,8%	13,2%	10,3%	6,5%	4,8%	5,4%	4,8%	10,5%	4,7%	31,7%
	12	0,7%	0,7%	3,9%	3,1%	10,8%	12,7%	5,8%	5,6%	4,7%	5,1%	5,3%	9,5%	32,1%
	13	0,3%	0,4%	1,6%	1,8%	7,1%	8,0%	3,4%	2,6%	2,8%	2,7%	2,7%	2,4%	64,2%
Frecuencia Incondicional		1,4%	1,7%	2,7%	3,0%	12,5%	13,6%	6,0%	5,3%	3,9%	3,7%	3,9%	3,4%	39,1%

Dado que el objetivo es analizar cómo la probabilidad de un evento varía en función del evento anterior, destacamos en cada columna las tres mayores frecuencias condicionadas en negrita. Los números en la diagonal tienden a ser mayores que los que podemos encontrar en la misma columna, indicando, entre otras cosas, que la probabilidad que un tipo dado de orden o transacción ocurra es mayor inmediatamente después de que el mismo evento haya ocurrido de lo que sería incondicionalmente. Un efecto similar también se observa en Biais et al. [6] y Abad [1].

Tabla 4: Frecuencia condicional de cada categoría en la categoría que ha tenido lugar anteriormente.

Grupo de Actividad		Categoría Observada												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Categoría anterior	Alta													
	1	23,7%	0,4%	14,4%	0,7%	27,1%	5,1%	6,7%	4,6%	1,5%	4,8%	1,9%	1,6%	7,6%
	2	0,3%	25,2%	0,6%	14,6%	4,9%	27,5%	5,0%	6,6%	4,0%	1,4%	1,5%	1,8%	6,6%
	3	10,6%	0,7%	1,0%	0,7%	11,9%	8,6%	45,5%	1,5%	2,6%	1,7%	2,8%	2,5%	9,8%
	4	0,7%	12,5%	0,7%	1,1%	7,9%	14,3%	1,5%	41,7%	1,9%	2,5%	2,5%	2,6%	10,0%
	5	1,9%	0,4%	1,6%	1,2%	49,9%	9,7%	4,1%	2,0%	3,0%	3,2%	3,4%	2,7%	17,0%
	6	0,4%	2,2%	1,2%	1,9%	9,2%	45,2%	2,1%	3,8%	3,9%	3,5%	2,5%	3,9%	20,5%
	7	1,0%	1,5%	3,5%	4,4%	14,5%	15,0%	2,8%	4,1%	7,4%	3,3%	7,9%	4,1%	30,6%
	8	1,5%	1,1%	4,7%	3,3%	14,0%	15,6%	4,4%	2,8%	3,5%	7,1%	4,1%	7,9%	30,0%
	9	0,5%	0,9%	2,1%	0,6%	15,3%	22,0%	4,1%	2,7%	6,9%	4,5%	4,6%	4,5%	31,2%
	10	0,9%	0,6%	0,7%	1,9%	18,5%	19,2%	2,8%	3,4%	4,7%	7,0%	4,1%	5,2%	31,0%
	11	0,7%	0,9%	2,2%	3,0%	18,9%	15,4%	4,2%	3,7%	5,1%	4,4%	8,1%	4,7%	28,6%
	12	0,7%	0,7%	2,7%	2,0%	14,0%	20,8%	3,6%	3,4%	4,6%	5,0%	4,4%	8,8%	29,2%
	13	0,3%	0,4%	1,4%	1,4%	8,7%	10,9%	1,6%	1,4%	3,1%	2,9%	2,5%	2,7%	62,7%
Frecuencia Incondicional		1,2%	1,4%	1,8%	1,9%	17,8%	18,8%	3,5%	3,2%	3,7%	3,5%	3,3%	3,5%	36,5%

Grandes (pequeñas) órdenes de mercado en un lado del libro son particularmente frecuentes después de grandes (pequeñas) transacciones en el mismo lado del libro. Las órdenes de limitadas con un precio que se sitúa dentro de la horquilla son frecuentes después de que órdenes de mercado que limpian el mejor nivel, órdenes de mercado grandes (consumen el primer nivel y parte del resto) y, para los grupos de actividad baja y media, después de que órdenes limitadas del mismo tipo hayan sido emitidas. Las órdenes limitadas que se emiten al mejor precio son más probables tras una orden limitada⁶. En el caso de órdenes cuyo precio es peor que el del mejor nivel, parecen más frecuentes después de órdenes limitadas del mismo tipo y órdenes limitadas agresivas. Estos resultados son similares para todas las submuestras. El evento ‘ninguna actividad’ normalmente viene precedido de un evento del mismo tipo o de la entrada de órdenes limitadas con un precio por debajo del mejor que podemos encontrar en el libro (agresividad negativa)⁷.

⁶La única excepción se da para las órdenes limitadas que entran al mejor precio en el lado de la venta, que también muestran una alta probabilidad tras una orden de mercado de compra que consume parcialmente el mejor nivel.

⁷Para el grupo de actividad comercial alta es también común que se vea el evento ‘ninguna actividad’ sea observado tras la entrada de órdenes limitadas al mejor precio.

Al igual que Biais et al. [6] encontramos el efecto diagonal para órdenes limitadas emitidas a un precio que mejora los existentes en el libro (con la excepción de la muestra de actividad comercial alta), lo que indicaría que los agentes compiten para proporcionar liquidez al mercado introduciendo órdenes limitadas que mejoran ligeramente el precio de las anteriores. También observamos que nuevas órdenes limitadas que mejoran el precio existente en el libro en el lado de la venta (compra) son particularmente frecuentes después de ventas (compras) que limpian órdenes más allá del primer nivel. De acuerdo con Biais et al. [6] esto podría reflejar ‘efectos información’. Como resultado de la señal negativa introducida por una venta de gran volumen, el libro de órdenes salta hacia abajo. No se observan tales cambios después de pequeñas transacciones. El cambio descendente en el libro tiene dos componentes, la disminución en el precio de oferta, reflejando que la venta ha consumido la liquidez que ofrecía el mejor nivel, y, posteriormente los agentes reaccionan a esta venta introduciendo órdenes limitadas de compra más agresivas que hacen disminuir el precio de venta que se refleja en el libro. La disminución en el precio de compra podría ser una disminución transitoria en la liquidez en ese lado del libro, o un ajuste de información permanente. Sin embargo, el comportamiento del precio de venta reflejaría probablemente el ‘efecto información’. Esto se refleja en una correlación serial positiva para los cambios en el punto medio de la horquilla. La asimetría en la respuesta de los precios de venta y compra tras el evento siguiente ilustra las distintas consecuencias que implican las hipótesis de liquidez o informacional. Según Lo y Sapp [21], el precio de compra reacciona más agresivamente que el de venta a un aumento en el número de órdenes limitadas por lo mejor en el mismo lado del libro y el mismo resultado se aprecia como respuesta a órdenes de mercado en el otro lado del libro.

5.5. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

En esta sección proponemos modelizar los determinantes de la agresividad con un logit multinomial con el fin de conocerlos y estudiarlos.

5.5.1. Descripción de las Variables⁸

La **horquilla relativa** (*spread*) para una orden que entra en el momento t se computa tomando los precios de compra y venta existente antes de la emisión de la orden (es decir, el momento en que el comerciante toma la decisión) y se calcula como:

$$\text{Horquilla relativa}_{t-1} = \frac{\text{askprice}_{t-1} - \text{bidprice}_{t-1}}{\frac{\text{bidprice}_{t-1} + \text{askprice}_{t-1}}{2}}$$

La **volatilidad** (*volat*) se computa como la suma del valor absoluto de los cambios en el precio en los últimos 10 minutos antes de la colocación de la orden dividida por el precio actual⁹.

La **profundidad en el lado de la compra** (*depth_bid*) se define como el número de acciones presentes al mejor precio en el lado de la compra en el momento de la colocación de la orden dividido por el número mediano de acciones presentes al mejor precio en el mismo lado del mercado, y la **profundidad en el lado de la venta** (*depth_ask*) es el número de acciones presentes al mejor precio en el lado de la venta en el momento de la colocación de la orden dividido por el número mediano de acciones

⁸Incluimos entre paréntesis los nombres que tendrán las variables en la tabla en que se ofrecen los resultados.

⁹El precio actual es el último precio negociado en el mercado en el momento de la colocación del orden. Esta definición de volatilidad, sin ser dividido por el precio actual, es debida a Cho y Nelling [9]; pensamos que es mejor dividir por el precio actual para normalizar.

presentes al mejor precio en este mismo lado. El número mediano de acciones se calcula en ambos casos teniendo en cuenta todas las observaciones de la muestra.

La **profundidad fuera del mejor nivel de compra** (*depth_out_bid*) viene dada por la cantidad de acciones que encontramos entre el segundo y el quinto nivel en el lado de la compra. Mientras que la **profundidad fuera del mejor nivel de compra** (*depth_out_ask*) se define por la cantidad de acciones existentes entre el segundo y el quinto nivel en el lado de la venta. De la misma manera que en el caso de la profundidad del mejor nivel, ambas medida se dividen por el número mediano de acciones existentes entre el segundo y el quinto nivel del lado del libro para el que evaluamos la profundidad.

La **diferencia entre el mejor y el peor precio de compra** ($\Delta price_ask$) y **de venta** ($\Delta price_bid$). Esta variable se como la diferencia entre el precio existente en el primer nivel y el que podemos encontrar en el quinto nivel en valor absoluto para cada lado del libro. Es considerada una variable proxy de la asimetría de información existente en el mercado.

Finalmente, introducimos algunas variables que representan la dinámica del mercado en los últimos 15 minutos antes de la introducción de los órdenes:

- **Número de órdenes de mercado** introducidas en el mercado en los últimos 15 minutos en el lado de la **compra** (*MKB*) y de la **venta** (*MKS*).
- **Número de órdenes limitadas** emitidas en los últimos 15 minutos:
 - **Agresivas de compra** (*LPOSB*) y de **venta** (*LPOSS*).
 - Con **agresividad nula de compra** (*LNULB*) y de **venta** (*LNULS*).
 - Con **agresividad negativa de compra** (*LNEGB*) y de **venta** (*LNEGS*).
- **Número de cancelaciones** introducidas en el mercado en los últimos 15 minutos:

- Ocurridas en el mejor nivel de compra (*CANB*) y venta (*CANS*).
- Fuera del mejor nivel de compra (*CAN_out_B*) y de venta (*CAN_out_S*).

5.5.2. Las Hipótesis a Contrastar

Como previamente se explicó, al llegar al análisis econométrico dividimos las órdenes de mercado en grandes (volumen mayor o igual al mediano) y pequeñas (volumen menor que el mediano). El agente, por consiguiente, ha de decidir entre las 11 alternativas siguientes:

- Introducir una orden de mercado con un tamaño mayor o igual al volumen mediano de una orden de mercado en el lado de la compra o de la venta.
- Emitir una orden de mercado con un tamaño menor que el volumen mediano de las órdenes de mercado en el lado de la compra o de la venta.
- Lanzar una orden limitada con un precio que mejora el existente en el lado de la compra o de la venta (sería una orden limitada agresiva).
- Introducir una orden limitada al mejor precio de compra o de venta en el lado correspondiente (en este caso, la orden tendría agresividad cero).
- Emitir una orden limitada en la compra (venta) a un precio peor que el registrado en el mejor nivel en el lado de la compra o de la venta (agresividad negativa).
- ‘Ninguna Actividad’, o lo que es lo mismo, no alterar el estado del libro.

Según Focault [13] el porcentaje de órdenes limitadas aumenta con la horquilla. Harris y Hasbrouck [18] y Smith [28] muestran empíricamente que la horquilla relativa se relaciona positivamente con la probabilidad de encontrar órdenes limitadas e inversamente relacionada con la probabilidad de observar órdenes de mercado. La

horquilla, de hecho, representa un coste potencial para las órdenes de mercado y un beneficio potencial para las órdenes limitadas. Así, si la horquilla relativa aumenta, las órdenes limitadas se ven favorecidas frente a las órdenes de mercado ya que los costes de transacción son más altos (Al-Suhaibani y Kryzanowsky [3] realizan un análisis similar). Según Cao et al. [8], una horquilla más ancha anima a la emisión de órdenes limitadas más agresivas y desincentiva la colocación de órdenes de mercado y órdenes limitadas menos agresivas.

Hipótesis 1: *Horquillas más anchas aumentan la probabilidad de órdenes limitadas más agresivas.*

Parlour [23] observa que la llegada de una orden limitada de compra (venta) alarga la cola en el lado de la oferta (demanda) y, por consiguiente, reduce el atractivo de lanzar nuevas órdenes limitadas del mismo tipo. Así, si la profundidad en un lado del libro aumenta, observar una orden de mercado en ese lado del libro se torna más probable que una orden limitada en ese mismo lado ya que las oportunidades de ejecución de ésta última son bajas. Si la profundidad en el mismo lado del libro aumenta entonces es más probable la llegada de órdenes más agresivas a ese lado, ya que la ejecución de órdenes menos agresivas llevaría más tiempo (Cao et al. [8]). Los agentes tratan de evitar la cola emitiendo órdenes más agresivas. Cuanto más profundo es el libro en un lado, mayor es la agresividad de las órdenes colocadas en el mismo lado (Rinaldo [25]). También, órdenes de mercado y limitadas en el otro lado tienen mayor probabilidad de ser observadas, excepto órdenes limitadas agresivas.

Hipótesis 2: *Un aumento en la profundidad en un lado del libro aumenta la probabilidad de órdenes más agresivas en el mismo lado del libro. Además, la probabilidad de emitir cualquier tipo de orden en el otro lado del libro, excepto una orden limitada agresiva, también aumenta.*

Si consideramos la profundidad fuera del mejor nivel (entre el segundo y el quinto niveles) observamos que un aumento en esta medida aumenta la probabilidad de colocar órdenes agresivas (órdenes de mercado y órdenes limitadas que mejoran o igualan el mejor precio). Las órdenes limitadas con agresividad de precio negativa son menos probables ya que existe mayor competitividad para que las nuevas órdenes lleguen a ser ejecutadas. Un aumento en la profundidad fuera del mejor nivel en el lado opuesto del libro hace que la colocación de órdenes de mercado de gran tamaño sea más probable ya que su ejecución completa, a un precio conocido al observar los cinco primeros niveles, se garantiza.

Hipótesis 3: *Si la profundidad fuera del mejor nivel aumenta, la probabilidad de colocar órdenes de mercado y órdenes limitadas agresivas en el mismo lado del libro se ve incrementada, mientras la de observar órdenes limitadas no agresivas en el mismo lado se reduce. Además, la aparición de órdenes de mercado de gran tamaño en el otro lado del libro se ve favorecida.*

Focault [13] propone un modelo de un mercado dinámico dónde aumentos en la volatilidad provocan que los agentes emitan órdenes limitadas a precios menos competitivos. Handa y Schwartz [17], Smith [28], Ahn, Bae y Chang [2], Hollifield, Miller, Sandas y Slive [20] y Rinaldo [25] encuentran evidencia empírica de la relación directa entre volatilidad y colocación de órdenes limitadas. Por otro lado, Cohen et al.

[10] observan que cuando la volatilidad aumenta los comerciantes aversos al riesgo aumentan su propensión a utilizar órdenes que reduzcan la incertidumbre. Esto implicaría que las órdenes de mercado y las órdenes limitadas agresivas serían más frecuentes ante aumentos de volatilidad. Así, si combinamos ambos argumentos, podemos concluir que la colocación de cualquier orden es más probablemente que el evento ‘ninguna actividad’ cuando observamos aumentos de volatilidad.

Hipótesis 4: *Cuando la volatilidad aumenta el evento ‘ninguna actividad’ es menos probable.*

La diferencia entre los mejores y los peores precios observables en un lado del mercado puede ser considerada como una medida de la diferencia de opinión entre los comerciantes (Lo y Sapp [21]). Si la diferencia entre dichos precios aumenta, significaría que hay mayor asimetría de información entre agentes, por lo que sería posible proporcionar liquidez al mercado introduciendo órdenes limitadas no agresivas (su precio no mejora los existentes en ese lado del libro). En el otro lado del libro, la potencial asimetría de información observada en el lado contrario puede animar a la emisión de órdenes agresivas.

Hipótesis 5: *Si la diferencia entre el mejor y el peor precio aumenta en un lado del libro, la probabilidad de órdenes limitadas con agresividad negativa en el mismo lado del libro aumenta, al igual que la probabilidad de órdenes más agresivas en el otro lado del mercado.*

Fijándonos ahora en la dinámica del mercado, comenzamos observando que el volumen de transacciones ocurridas en pasado reciente provoca, principalmente, dos efectos: un efecto información y un efecto erosión en la profundidad del mercado. Según Lo y Sapp

[21] el primero de ellos es resultado de la creencia de que las transacciones están correladas con la posible presencia de información privada, por lo que los inversores utilizan los movimientos en el mercado actualizando su información. Un ejemplo interesante se aprecia en modelo de equilibrio dinámico de Goetler et al. [16] que sugiere que cambios en el precio eficiente del activo provocan un aumento en el número de órdenes de mercado para sacar ventaja de ésta información. Esperamos, por ello, un aumento en la llegada de órdenes agresivas tras la emisión de órdenes de mercado, sobre todo en el mismo lado del mercado. Analizando las tablas de contingencia (*tablas 2-4*), podemos observar que, tras la colocación de órdenes de mercado, la llegada de nuevas órdenes de mercado es frecuente (el efecto diagonal). Según Biais et al. [6] puede reflejar: (i) un fraccionamiento de órdenes de tipo estratégico, (ii) un efecto imitación o (iii) la reacción, en diferentes momentos, al mismo evento.

Otra posible consecuencia de la colocación de órdenes de mercado es la caída en la profundidad del mercado y la ampliación de la horquilla, lo que hace más probable la llegada de órdenes limitadas agresivas en ambos lados del libro para proporcionar liquidez.

Por todo lo anterior, esperamos que tras un aumento del número de órdenes de mercado, la colocación de órdenes de mercado y órdenes limitadas agresivas sea más probable.

Hipótesis 6: *Un aumento en el número de órdenes de mercado aumenta la probabilidad de emisión de órdenes del mercado y órdenes limitadas agresivas en ambos lados del libro.*

Cuando el número de órdenes limitadas emitidas a un precio que mejora el existente en el mejor nivel del libro aumenta, la horquilla se estrecha y el coste de emitir una orden de mercado se reduce, por lo que la colocación de órdenes más agresivas resultaría más

probable. Podemos observar este efecto en las tablas de contingencia (*tablas 2-4*) para los grupos de actividad comerciales bajos y elemento. Por el contrario, en el caso de encontrarnos con un aumento en el número de órdenes limitadas emitidas al mejor precio o a un precio peor, podemos observar un aumento en la entrada de órdenes limitadas del mismo tipo. Este efecto se encuentra también, por ejemplo, en el Biais et al. [6].

Hipótesis 7: *A mayor agresividad de las órdenes limitadas que llegan con anterioridad, mayor es la probabilidad de que las nuevas órdenes también sean agresivas.*

Cuando el número de órdenes canceladas en el mejor nivel aumenta es una señal de que más comerciantes están dispuestos a perder su prioridad en la negociación en ese lado del mercado; si los agentes tienen información privada, esto puede ser considerado como una anticipación de que malas (buenas) noticias sobre el activo podrían aparecer en caso de que la orden cancelada sea de compra (venta). De hecho, si las cancelaciones en el lado de la venta (compra) están correladas con un aumento (disminución) esperado en el precio, esto llevarían a comerciantes a colocar más órdenes por debajo del mejor nivel en el mismo lado del mercado para acomodar el cambio adverso en el precio y a emitir más órdenes de mercado en el lado opuesto para ejecutar transacciones antes de que tenga lugar el cambio de precio con el fin de beneficiarse de la información.

Si los comerciantes no están informados y observan que la horquilla se amplía, pueden animarse a colocar órdenes limitadas agresivas en ambos lados del libro. Según Parlour [23], las cancelaciones de órdenes al mejor precio reducen la competencia por las mejores órdenes limitadas en el mismo lado del mercado, por lo que esperamos un aumento en la emisión de órdenes limitadas en el mismo lado del libro. Este efecto, sin embargo, debe ser incluido en el coeficiente de la regresión asociado a la horquilla.

Hipótesis 8: *Cuando hay información privada, un aumento en el número de las cancelaciones que tienen lugar en el mejor nivel aumenta la probabilidad de emisión de órdenes limitadas menos agresivas.*

Según Lo y Sapp [21], si observamos un aumento en el número de cancelaciones fuera del mejor nivel, la colocación de órdenes más agresivos con el fin de evitar la espera y obtener prioridad en la ejecución es más probable.

Hipótesis 9: *Un aumento en el número de cancelaciones fuera del mejor nivel aumenta la probabilidad de observar órdenes más agresivas en el mismo lado del libro.*

5.5.3. El Modelo a estimar

Para comprobar la validez de las hipótesis introducidas usamos una especificación logit multinomial. Como ya hemos explicado en la introducción del capítulo, para la estimación nosotros dividimos las órdenes de mercado en grandes y pequeñas. Además, el evento ‘ninguna actividad’ se selecciona como Categoría 0, esto significa que tendremos 10 categorías adicionales: órdenes de mercado de tamaño grande para comprar y vender (categorías 1 y 2); órdenes de mercado de tamaño pequeño para comprar y vender (categorías 3 y 4); órdenes limitadas con agresividad de precio positiva de compra y venta (categorías 5 y 6); órdenes limitadas con agresividad de precio nula de compra y venta (categorías 7 y 8); órdenes limitadas con agresividad de precio negativa de compra y venta (Categorías 9 y 10).

Sea $i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, 10\}$ un índice que denota el evento correspondiente y sea j un índice que representa el activo al que pertenece la observación. Nosotros establecemos la relación:

$$\ln\left(\frac{\text{Pr}_{i,j}}{\text{Pr}_{0,j}}\right) = \beta_i X_j \quad \text{para } i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, 10\},$$

donde X_j es el vector de variables explicativas y β_i representa el vector de coeficientes para el evento i . Asignamos un valor de cero a la variable dependiente en el caso en que consideramos la categoría ‘ninguna actividad’, por lo que la probabilidad para el resto de eventos debe tomarse como una modelización relativa a esta categoría.

Consideramos las variables explicativas presentadas en la subsección anterior: horquilla relativa (spread), volatilidad (volat), la profundidad del mejor nivel en ambos lados del mercado (depth_bid, depth_ask), la profundidad fuera del mejor nivel en ambos lados del libro (depth_out_bid, depth_out_ask), la diferencia, en valor absoluto, entre el mejor precio y peor precio en ambos lados del libro ($\Delta\text{price_bid}$, $\Delta\text{price_ask}$), el número de órdenes de mercado en ambos lados del libro en los últimos 15 minutos (MKB, MKS), el número de órdenes limitadas con agresividad de precio positiva en ambos lados del libro en los últimos 15 minutos (LPOSB, LPOSS), el número de órdenes limitadas con agresividad de precio nula en ambos lados del libro en los últimos 15 minutos (LNULB, LNULS), el número de órdenes limitadas con agresividad de precio negativa en ambos lados del libro en los últimos 15 minutos (LNEGB, LNEGS), el número de cancelaciones que tienen lugar en el mejor nivel en ambos lados del libro en los últimos 15 minutos (CANB, CANS) y el número de cancelaciones que tienen lugar en otros niveles en ambos lados del libro en los últimos 15 minutos (CAN_out_B, CAN_out_S). Todas estas variables se calculan en el momento en que la orden llega al mercado.

Estimamos el siguiente modelo para cada activo j , donde t es el momento en que el evento que estudiamos tiene lugar:

$$\begin{aligned} \text{Evento } i_{j,t} = & \alpha + \beta^i_1(\text{spread})_{j,t} + \beta^i_2(\text{volat})_{j,t} + \beta^i_3(\text{depth_bid})_{j,t} + \beta^i_4(\text{depth_ask})_{j,t} + \\ & + \beta^i_5(\text{depth_out_bid})_{j,t} + \beta^i_6(\text{depth_out_ask})_{j,t} + \beta^i_7(\Delta\text{price_bid})_{j,t} + \beta^i_8(\Delta\text{price_ask})_{j,t} + \beta^i_9(\text{MKB})_{j,t} + \\ & + \beta^i_{10}(\text{MKS})_{j,t} + \beta^i_{11}(\text{LPOSB})_{j,t} + \beta^i_{12}(\text{LPOSS})_{j,t} + \beta^i_{13}(\text{LNULB})_{j,t} + \beta^i_{14}(\text{LNULS})_{j,t} + \beta^i_{15}(\text{LNEGB})_{j,t} + \\ & + \beta^i_{16}(\text{LNEGS})_{j,t} + \beta^i_{17}(\text{CANB})_{j,t} + \beta^i_{18}(\text{CANS})_{j,t} + \beta^i_{19}(\text{CAN_out_B})_{j,t} + \beta^i_{20}(\text{CAN_out_S})_{j,t} + e_{j,t} \end{aligned}$$

El modelo se estima para cada activo así como para cada una de las tres submuestras que hemos definido en función de la actividad comercial. Cuando estimamos las regresiones para un solo activo, mantenemos j (el indicador del activo) constante y realizamos la estimación. Cuando estimamos, digamos, para el grupo con baja actividad comercial, incluimos en la regresión todas las observaciones (j,t) para las que el activo j resulta tener actividad comercial baja.

5.5.4. Resultados

Se presentan los resultados obtenidos en la estimación para cada uno de los grupos en tablas 5, 6 y 7. En el caso de las estimaciones activo a activo los resultados son esencialmente similares.

Las signos de los coeficientes estimados indican la dirección del cambio en la probabilidad de observar un evento determinado relativa a la probabilidad de observar el evento ‘ninguna actividad’ (nuestro caso base). Las magnitudes relativas de los coeficientes indican las magnitudes relativas de los efectos de las diferentes variables explicativas en los diferentes tipos de orden (categorías) que manejamos. En el análisis de las tres submuestras casi todos los coeficientes de las variables independientes

resultan ser significativos al 1%, los coeficientes que se muestran en negrita en las tablas no lo son.

Tabla 5: Logit multinomial para el grupo de actividad comercial **alta**.

	C A T E G O R Í A S									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
spread	-287,5	-121,1	-120,9	-32,2	448,5	449,0	196,2	114,1	62,5	49,7
depth_bid	0,031	0,052	0,013	0,057	0,044	-0,105	-0,110	0,022	-0,067	0,017
depth_ask	0,043	0,011	0,049	-0,006	-0,113	0,029	0,006	-0,077	0,000	-0,067
volat	17,267	18,787	18,618	20,266	14,308	13,319	17,483	17,836	15,230	16,400
Δprice_ask	-0,484	-1,161	-1,092	-2,138	0,471	-1,191	-1,915	-1,259	0,261	2,534
Δprice_bid	1,658	1,056	1,205	0,214	-1,130	1,588	-0,101	-0,039	3,033	-1,296
depth_out_bid	0,011	0,073	0,017	0,089	0,022	-0,013	0,049	0,045	0,028	0,025
depth_out_ask	0,062	0,026	0,077	0,017	0,014	0,024	0,057	0,049	0,022	0,073
MKB	0,003	0,000	0,004	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001
MKS	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
LPOSB	0,021	-0,020	0,010	-0,033	0,018	0,008	-0,007	-0,009	0,010	-0,012
LPOSS	-0,029	0,000	-0,034	-0,002	-0,001	0,011	-0,023	-0,024	-0,017	-0,011
LNULB	0,001	0,010	-0,006	0,003	0,000	-0,004	0,023	0,002	0,004	-0,001
LNULS	0,002	-0,001	0,002	-0,003	-0,009	-0,002	0,003	0,024	-0,001	0,002
LNEGB	0,000	-0,007	0,009	-0,002	-0,003	-0,003	0,000	-0,004	0,012	-0,009
LNEGS	-0,002	0,010	-0,005	0,012	-0,005	-0,004	0,001	0,005	-0,006	0,026
CANB	-0,026	-0,009	-0,019	-0,025	0,015	0,008	-0,003	0,003	0,000	-0,009
CANS	0,016	0,000	-0,026	-0,012	0,021	0,027	0,024	0,015	0,020	0,018
CAN_out_B	-0,007	0,015	-0,015	0,007	-0,004	0,005	-0,006	0,010	-0,003	0,026
CAN_out_S	0,016	-0,015	0,016	-0,021	0,005	-0,003	0,003	-0,003	0,017	-0,008
const	-2,005	-1,840	-2,076	-1,733	-3,346	-3,496	-2,935	-3,012	-3,440	-3,173

Tabla 6: Logit multinomial para el grupo de actividad comercial **media**.

	C A T E G O R Í A S									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
spread	-189,8	149,5	-134,0	-83,4	140,1	141,1	23,9	0,8	2,7	-3,2
depth_bid	0,021	0,044	0,012	0,031	0,032	-0,056	-0,086	0,009	-0,061	0,003
depth_ask	0,061	0,028	0,044	0,011	-0,044	0,048	0,014	-0,103	0,016	-0,049
volat	31,319	26,639	31,230	28,861	20,679	21,803	23,925	27,943	28,355	27,456
Δprice_ask	0,209	0,556	0,096	0,598	1,576	0,458	-0,364	0,390	0,704	2,238
Δprice_bid	0,450	0,852	0,464	0,469	0,051	1,295	0,099	-1,185	1,677	0,030
depth_out_bid	0,000	0,067	0,013	0,049	0,006	-0,019	0,034	0,040	0,065	-0,021
depth_out_ask	0,104	0,007	0,101	-0,009	0,030	0,047	0,047	0,056	0,024	0,080
MKB	0,014	0,007	0,016	0,008	0,012	0,011	0,009	0,011	0,009	0,012
MKS	0,004	0,016	0,006	0,018	0,008	0,013	0,012	0,006	0,011	0,009
LPOSB	0,100	0,040	0,081	0,007	0,108	0,058	0,056	0,047	0,085	0,033
LPOSS	0,011	0,080	0,003	0,067	0,030	0,074	0,013	0,030	0,004	0,066
LNULB	0,034	0,056	0,018	0,045	0,035	0,023	0,112	0,030	0,029	0,036
LNULS	0,057	0,024	0,052	0,015	0,022	0,029	0,030	0,095	0,033	0,020
LNEGB	0,005	0,004	0,014	0,001	0,000	-0,009	0,001	0,003	0,051	-0,003
LNEGS	-0,004	0,007	0,000	0,020	-0,010	-0,002	0,001	0,003	-0,010	0,064
CANB	0,041	-0,060	-0,049	-0,047	0,053	-0,004	-0,024	-0,001	-0,034	0,007
CANS	-0,020	-0,040	-0,042	-0,048	0,010	0,054	0,005	-0,022	0,039	-0,007
CAN_out_B	-0,034	-0,018	-0,043	-0,018	-0,029	-0,009	-0,020	-0,014	-0,023	0,002
CAN_out_S	0,003	-0,023	0,006	-0,030	0,010	0,000	0,004	-0,011	0,017	-0,013
const	-2,347	-2,296	-2,356	-2,230	-3,338	-3,473	-3,186	-3,110	-3,471	-3,573

Tabla 6: Logit multinomial para el grupo de actividad comercial **media**.

	C A T E G O R Í A S									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
spread	-189,8	149,5	-134,0	-83,4	140,1	141,1	23,9	0,8	2,7	-3,2
depth_bid	0,021	0,044	0,012	0,031	0,032	-0,056	-0,086	0,009	-0,061	0,003
depth_ask	0,061	0,028	0,044	0,011	-0,044	0,048	0,014	-0,103	0,016	-0,049
volat	31,319	26,639	31,230	28,861	20,679	21,803	23,925	27,943	28,355	27,456
Δprice_ask	0,209	0,556	0,096	0,598	1,576	0,458	-0,364	0,390	0,704	2,238
Δprice_bid	0,450	0,852	0,464	0,469	0,051	1,295	0,099	-1,185	1,677	0,030
depth_out_bid	0,000	0,067	0,013	0,049	0,006	-0,019	0,034	0,040	0,065	-0,021
depth_out_ask	0,104	0,007	0,101	-0,009	0,030	0,047	0,047	0,056	0,024	0,080
MKB	0,014	0,007	0,016	0,008	0,012	0,011	0,009	0,011	0,009	0,012
MKS	0,004	0,016	0,006	0,018	0,008	0,013	0,012	0,006	0,011	0,009
LPOSB	0,100	0,040	0,081	0,007	0,108	0,058	0,056	0,047	0,085	0,033
LPOSS	0,011	0,080	0,003	0,067	0,030	0,074	0,013	0,030	0,004	0,066
LNULB	0,034	0,056	0,018	0,045	0,035	0,023	0,112	0,030	0,029	0,036
LNULS	0,057	0,024	0,052	0,015	0,022	0,029	0,030	0,095	0,033	0,020
LNEGB	0,005	0,004	0,014	0,001	0,000	-0,009	0,001	0,003	0,051	-0,003
LNEGS	-0,004	0,007	0,000	0,020	-0,010	-0,002	0,001	0,003	-0,010	0,064
CANB	0,041	-0,060	-0,049	-0,047	0,053	-0,004	-0,024	-0,001	-0,034	0,007
CANS	-0,020	-0,040	-0,042	-0,048	0,010	0,054	0,005	-0,022	0,039	-0,007
CAN_out_B	-0,034	-0,018	-0,043	-0,018	-0,029	-0,009	-0,020	-0,014	-0,023	0,002
CAN_out_S	0,003	-0,023	0,006	-0,030	0,010	0,000	0,004	-0,011	0,017	-0,013
const	-2,347	-2,296	-2,356	-2,230	-3,338	-3,473	-3,186	-3,110	-3,471	-3,573

La horquilla relativa

Si la horquilla se amplía, la probabilidad de órdenes de mercado y de órdenes limitadas menos agresivas se ve reducida, mientras la probabilidad de órdenes limitadas más agresivas aumenta ya que es posible mejorar el precio mejor en el mercado. Esto confirma la **Hipótesis 1**.

La profundidad

Si la profundidad en el mejor nivel en un lado del libro aumenta, entonces la probabilidad de lanzar al mercado órdenes de mercado y órdenes limitadas agresivas en ese mismo lado aumenta, haciendo la aparición de órdenes menos agresivas más difícil. Por otra parte, en el lado opuesto del mercado, observamos las órdenes limitadas agresivas son menos probables mientras que el resto de categorías aumentan su probabilidad. Esto confirma las predicciones realizadas en la **Hipótesis 2**.

Para analizar el efecto de la profundidad fuera del mejor nivel en la estrategia de emisión de órdenes, tenemos que distinguir, de nuevo, entre compra y venta. En el lado

de la venta un aumento en la profundidad fuera del mejor nivel hace la colocación de órdenes de mercado en el mismo lado menos probable, aumentando la probabilidad para el resto de órdenes¹⁰. Un aumento en la profundidad fuera del mejor nivel en el lado de la compra hace que la emisión de órdenes limitadas agresivas en el lado de la venta sea menos probable, mientras el resto de órdenes aumentan su probabilidad. Esto significa que la **Hipótesis 3** no se confirma plenamente.

La volatilidad

En períodos de volatilidad alta la probabilidad de ‘ninguna actividad’ se reduce, confirmando la **Hipótesis 4**.

Diferencia entre el mejor y el peor precio en ambos lados del mercado

Un aumento en la diferencia entre el mejor y el peor precio en el mismo lado del libro en valor absoluto hace la colocación de órdenes limitadas con agresividad negativa más probable. Para la muestra de actividad comercial media un aumento en la asimetría de opiniones entre agentes lleva a la colocación de órdenes limitadas menos agresivas y a la aparición de órdenes del mercado. Para analizar el efecto de un aumento en la diferencia entre el mejor y el peor precio en el lado opuesto del libro tenemos que distinguir entre la compra y la venta, ya que los efectos son asimétricos. Un aumento de esta medida hace la colocación de órdenes limitadas más agresivas y órdenes de mercado más probable en el lado de la venta, mientras las órdenes limitadas agresivas y las órdenes de mercado se hacen menos probables en el lado de la compra. De esta manera confirmamos la **Hipótesis 5** y podemos observar una conducta diferente dependiendo del lado del libro que sufre la modificación: órdenes o transacciones que se originan en el lado de la venta son más agresivas que las del lado de la compra. La excepción es el grupo de actividad comercial alto, para el que esto no es cierto.

¹⁰En el caso del grupo de baja actividad comercial, las órdenes de mercado de gran tamaño, así como las

Órdenes de mercado recientemente ejecutadas

Cuando el número de órdenes de mercado emitidas en los últimos 15 minutos se ve incrementado, podemos observar que la colocación de todos los tipos de órdenes es más probablemente es. El aumento en la colocación de órdenes de mercado y órdenes limitadas más agresivas se explica, respectivamente, por el efecto diagonal y por el aumento que ha podido experimentar la horquilla, de acuerdo con la **Hipótesis 6**.

Órdenes limitadas recientemente colocadas

Si el número de órdenes limitadas *agresivas* llegadas en los últimos 15 minutos aumenta en un lado del mercado, la probabilidad de introducir todo tipo de órdenes en ese mismo lado del libro aumenta para las muestras de actividad comercial baja y media. Para el grupo de alta actividad, la probabilidad de introducir una orden del mismo tipo, órdenes de mercado y órdenes limitadas de agresividad negativa se ve incrementada en ambos lados del libro.

Si el número de órdenes que entran *al mejor precio* aumenta, la probabilidad de colocar cualquier tipo de orden aumenta para las muestras con nivel de actividad bajo y medio; para el grupo de alta actividad la probabilidad de llegada de órdenes de mercado en el lado opuesto del libro y la colocación de órdenes limitadas en el mismo lado aumenta.

Si el número de órdenes limitadas con agresividad negativa llegadas en los últimos 15 minutos aumenta, la probabilidad, de todos los tipos de órdenes aumenta para la muestra de actividad comercial baja; para los grupos de alta y media actividad comercial la colocación de órdenes de mercado y órdenes limitadas con agresividad negativa son más probables en el mismo lado del libro en que el aumento ha tenido lugar, mientras que en el otro lado, las órdenes limitadas agresivas y las órdenes de mercado son las

órdenes limitadas con agresividad negativa resultan ser no significativas.

categorías que ven aumentada su probabilidad. Por ello, podemos concluir que la **Hipótesis 7** sólo se satisface parcialmente.

Cancelaciones recientemente observadas

Cuando el número de cancelaciones en el mejor nivel que tienen lugar en los últimos 15 minutos aumenta, la probabilidad de llegada de órdenes de mercado y órdenes limitadas menos agresivas se reduce, mientras la emisión de órdenes limitadas agresivas resulta más probable¹¹. Esto apoya a la **Hipótesis 8** sólo parcialmente.

Cuando el número de cancelaciones fuera del mejor nivel que tienen lugar en los últimos 15 minutos aumenta la probabilidad de cualquier tipo de orden disminuye para los grupos con nivel de actividad bajo y medio¹², Para el grupo de actividad comercial alta podemos observar que un aumento en esta medida disminuye la probabilidad de cualquier orden en el mismo lado del libro y aumenta la probabilidad de introducir órdenes en el lado opuesto, parece que los agentes tratan de sacar beneficio de esta situación.

5.6. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos analizado los determinantes de la agresividad de las órdenes. Hemos empezado con una clasificación exhaustiva de la agresividad en precio de las órdenes, basada en el trabajo de Bias et al. [6] eliminando las cancelaciones (entendemos que para que tengan lugar inicialmente la orden ha de emitirse) e incluyendo una nueva categoría que recoge la circunstancia en la que el mercado no sufre ninguna variación ('ninguna actividad'), clasificándola como la categoría menos

¹¹Una excepción se da para el lado de la venta en el grupo de actividad comercial alto: si el número de cancelaciones en el mejor nivel aumenta, la probabilidad de llegada de cualquier tipo de orden aumenta.

agresiva. Un análisis descriptivo de la agresividad para el español muestra que comparte muchos de los rasgos observados en otros estudios, como por ejemplo el de Biais et al. [6]. Finalmente, hemos usado un modelo logit multinomial para analizar los efectos de algunas variables explicativas en la agresividad de la estrategia de emisión de órdenes. Hemos encontrado que horquillas mayores hacen la colocación de órdenes agresivas más probable y un aumento en la profundidad en el mismo lado del libro anima a la emisión de órdenes más agresivas para obtener prioridad en la ejecución. Estas órdenes son menos probables si la profundidad en el lado opuesto del libro aumenta. Sobre la volatilidad, podemos observar que cualquier tipo de actividad es más probable si el mercado es más volátil. Cuando las opiniones de los agentes sobre el precio del activo son más dispersas, la colocación de órdenes menos agresivas y, a veces, la colocación de órdenes de mercado en el mismo lado del libro resultan más probables. Si consideramos esta medida para el lado opuesto del libro, observamos que las órdenes más agresivas son más probables, en particular en el lado de la venta.

También consideramos al realizar este análisis la dinámica del mercado, teniendo en cuenta el número de órdenes emitidas o transacciones llevadas a cabo durante los 15 minutos previos a la emisión de la orden. Cuando el número órdenes de mercado aumenta, la colocación de cualquier tipo de orden es más probable. Igualmente podemos observar el efecto diagonal para el resto de tipos de órdenes limitadas salvo en el caso del grupo de actividad comercial alto, como podemos ver en las tablas de contingencia (*Tablas 2 a 5*).

Por último, creemos que el número de cancelaciones que han tenido lugar recientemente puede afectar a la estrategia de emisión de órdenes, por lo que tenemos en cuenta el número de cancelaciones que han tenido lugar 15 minutos antes de la llegada de la

¹²Un aumento en las cancelaciones en el lado opuesto del libro aumenta la colocación de algunas órdenes

orden tanto en el mejor nivel como fuera de este en cada lado del libro. Si el número de cancelaciones en el mejor nivel aumenta, la colocación órdenes agresivo es más probable. Para las cancelaciones fuera del mejor nivel en el mismo lado del libro observamos que en caso de que estas aumenten la colocación de cualquier tipo de orden es menos probable excepto para el grupo de alta actividad, donde parecen aumentar su probabilidad las órdenes que son colocadas en el otro lado del libro.

REFERENCIAS

- [1] Abad, D. (2003), 'Aspectos Relevantes del diseño microestructural: el caso español', Ph. D Thesis, Universidad de Alicante.
- [2] Ahn, H., K. Bae y K. Chang (2001), 'Limit Orders, Depth and Volatility', *Journal of Finance*, 56: 767-788.
- [3] Al-Suhaibani y Kryzanowsky, L. (2000), 'An Explanatory Analysis of the Order Book, and Order Flow and Execution on the Saudi Stock Market', *Journal of Banking & Finance*, 24: 1323-1357.
- [4] Al-Suhaibani y Kryzanowsky, L. (2001), 'Limit versus Market Order Trading on the Saudi Stock Market'. Working Paper.
- [5] Beber, A., Caglio, C. (2003) 'Order Submission Strategies and Information: Empirical Evidence from the NYSE', Working Paper NEWFIN 4/03, Bocconi University.
- [6] Biais, B., P. Hillion, y C. Spatt (1995) 'An Empirical Analysis of the Limit Order Book and the Order Flow in the Paris Bourse', *The Journal of Finance*, 50: 1665-1689.
- [7] Brusco, S. y L. Gava (2006) 'An Analysis of Cancellations in the Spanish Stock Exchange', Working Paper 05-77, Business Economics Series 18, Universidad Carlos III de Madrid, <http://docuib.uc3m.es/WORKINGPAPERS/WB/wb057718.pdf>.
- [8] Cao, C., Hansch, O. y Wang, X. (2004), 'The informational Content of an Open Limit Order Book', EFA 2004 Maastricht Meetings Paper No. 4311.
- [9] Cho, J. W., Nelling, E. (2000), 'The Probability of Limit Order Execution', *Financial Analysts Journal*, 56: 28-33.
- [10] Cohen, K., Maier, S., Schwartz, R., Whitcomb, D. (1981) 'Transaction Costs, Order Placement Strategy, and the Existence of the Bid-Ask Spread', *Journal of Political Economy*, 89: 287-305.

- [11] Easley, D., N. Kiefer y M. O'Hara (1997) 'One Day in the Life of a Very Common Stock', *Review of Financial Studies*, 10: 805-835.
- [12] Ellul A., C.W. Holden, P. Jain y R. Jennings (2005), 'Order Dynamics: Recent Evidence from the New York Stock Exchange', Working Paper, Indiana University, <http://kelley.iu.edu/cholden/Order%20Dynamics%2005-05-19.pdf>.
- [13] Foucault, T. (1999) 'Order Flow Composition and Trading Costs in a Dynamic Limit Order Markets', *Journal of Financial Markets*, 2: 99- 134.
- [14] Gava, L. (2005), 'The Speed of Limit Order Execution in the Spanish Stock Echange', Working Paper 05-77, Business Economics Series 18, Universidad Carlos III de Madrid, <http://docuib.uc3m.es/WORKINGPAPERS/WB/wb057718.pdf>.
- [15] Griffiths, M., Smith, B., Turnbull, D. y White, R. (2000) 'The costs and determinants of order aggressiveness', *Journal of Financial Economics*, 56: 65-88.
- [16] Goettler, R., Parlour, C. y Rajan, U., (2006), 'Equilibrium in a Dynamic Limit Order Market', *Journal of Finance*, forthcoming.
- [17] Handa, P., y R. Schwartz (1996) 'Limit Order Trading', *The Journal of Finance*, 51: 1835-1861.
- [18] Harris, L y Hasbrouck, J., (1996), 'Market versus Limit Orders: the SuperDOT Evidence on Order Submission Strategy', *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 31: 213-31.
- [19] Hasbrouck J. y G. Saar (2004), 'Technology and Liquidity Provision: The Blurring of Traditional Definitions', Working Paper, New York University, <http://pages.stern.nyu.edu/~gsaar/>.
- [20] Hollifield, B., R. Miller, P. Sandas y J. Slive (2001), 'Liquidity Supply and Demand in Limit Order Markets', Rodney White Centre for Financial Research, Working Paper, University of Pennsylvania,

<http://finance.wharton.upenn.edu/~rlwctr/workingpapers/papers2001.html>.

[21] Lo, I. y Sapp, S. G., (2005), 'Price Aggressiveness and Quantity: How are they determined in a Limit Order Market', working paper, University of Western Ontario.

[22] Pardo, A. y R. Pascual (2004), 'On the Hidden Side of Liquidity', Working paper, http://www.uib.es/depart/deeweb/pdi/hdeerpgo/index_personalweb.html.

[23] Parlour, C. (1998) 'Price Dynamics and Limit Order Markets', *Review of Financial Studies*, 11: 789-816.

[24] Pascual, R. y D. Veredas (2004), 'What pieces of limit order book are informative', CORE DP 33/2004, http://www.core.ucl.ac.be/services/abstrPDF/abstr2004_33.pdf.

[25] Rinaldo, A. (2004), 'Order aggressiveness in the limit order book markets', *Journal of Financial Markets*, 7: 53-74.

[26] Roth, A. E., Murnighan, J. K., Schoumaker, F, (1988), 'The Deadline Effect in Bargaining: Some Experimental Evidence', *American Economic Review*, 78: 806-23.

[27] Sasaki, K., (2005), 'Intraday Variability of Order Aggressiveness in Tokyo Stock Exchange'. Workshop on Microstructure of Financial Markets, Madrid 2005.

[28] Smith, J. (2000), 'Market versus Limit Order Submission Behaviour at a NASDAQ Market Maker' Working paper, NASDAQ Economic Research y AFA New Orleans, <http://ssrn.com/abstract=253013>.

[29] Sociedad de Bolsas (2001), 'The Spanish Stock Exchange Interconnection System: Market Model', Sociedad de Bolsas, <http://www.sbolsas.com/home.htm>.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En esta tesis doctoral se ha analizado el proceso dinámico de posicionamiento de órdenes en el mercado bursátil español desde diferentes puntos de vista. Cuando el agente llega al mercado tiene que decidir si quiere participar en él o si prefiere no hacer nada, con el problema añadido de que si decide participar puede hacerlo introduciendo un tipo de orden u otro y de que una vez lo ha hecho tiene la oportunidad de cancelar siempre que se haya decidido por una orden limitada y ésta no haya sido ejecutada.

En el capítulo 3 no se considera directamente la posibilidad de introducir una orden de mercado o limitada pero se estudia el tiempo esperado de ejecución de una orden limitada y el impacto que algunas variables tiene en la velocidad de ejecución de la orden. Algunas de las variables consideradas son inherentes a la orden emitida, mientras otras dependen de la situación en que se encuentre el mercado en el momento de la emisión de la orden. Conocer el efecto de éstas variables en la velocidad de ejecución permite al agente tomar la decisión entre órdenes limitadas y de mercado dependiendo

de las condiciones que se pueden observar al momento en que se va a tomar la decisión con mayor conocimiento¹. Utilizamos para ello el análisis de supervivencia, que tiene en cuenta las observaciones censuradas de nuestro dataset. Encontramos que los tiempos de ejecución son sensibles a algunas variables explicativas: las órdenes limitadas que igualan o mejoran el mejor precio en el mercado tienen un tiempo esperado de ejecución más corto, al igual que cuando el valor es más volátil y activo. El momento del día afecta al tiempo esperado de ejecución, así como el tipo de la última orden introducida antes de la colocación afecta a la duración de la nueva orden limitada. Por ejemplo, si la orden anterior es una orden de mercado en el lado opuesto del libro el tiempo esperado de ejecución de la nueva orden limitada es más corto porque en este lado del mercado hay mucha actividad y la probabilidad de ejecución es más alta. Si la horquilla de precios es más ancha y el número de acciones que tienen prioridad en la ejecución aumenta entonces el tiempo esperado de ejecución de la orden se ve aumentado. El volumen nos proporciona un resultado contraintuitivo, ya que tiene una relación negativa con el tiempo esperado de ejecución.

Por último, con el objeto de estudiar la robustez de estos resultados al período del día, hemos dividido la sesión comercial en tres submuestras para estudiar cómo las variables explicativas afectan de forma diferente al tiempo esperado de ejecución a lo largo de la sesión comercial. Los resultados en este caso confirman lo comentado anteriormente a la vez que permiten detectar patrones de comportamiento a lo largo de la sesión.

Una posible línea de investigación futura podría consistir en utilizar una base de datos que proporcione información sobre un mayor número de niveles del libro de órdenes. Se podría también profundizar sobre el efecto del volumen de la orden en la velocidad de

¹ No debemos olvidar que uno de las desventajas de las órdenes limitadas frente a las de mercado es la incertidumbre en torno a si se ejecutarán y cuando lo harán y conocer el tiempo esperado de ejecución puede ayudar en este aspecto.

ejecución y ver si este efecto depende de si el activo considerado es más líquido o más activo.

El capítulo 4 estudia el proceso de toma de decisión de un agente cuando llega al mercado y tiene que elegir entre introducir una orden o no hacer nada. En este capítulo las diferentes alternativas de decisión del agente son no hacer nada, introducir una orden de mercado, una orden limitada o una orden *fleeting*. Esta última categoría es una novedad ya que tiene como objetivo recabar información en el mercado y, por esta razón, tiene una duración corta y la decisión de cancelar la orden limitada se ha tomado ya en el momento de su emisión.

Esta decisión se estudia con un modelo logit multinomial. Los resultados obtenidos para el mercado español confirman los que han sido proporcionados por la literatura existente teórica y empírica, en la cual no se consideraba la introducción de órdenes *fleeting* como una opción. Una contribución importante de este trabajo es proporcionada por los resultados obtenidos para las órdenes *fleeting*: están positivamente relacionadas con la volatilidad, la horquilla, el nivel de actividad comercial y la presencia de órdenes de mercado², mientras la profundidad no parece ser importante. Es decir, parece que estos resultados confirman la idea que tenemos de una orden *fleeting*, una orden que busca información en el mercado y desaparece rápidamente tras su aparición en el libro. En el mismo capítulo también se estudia el caso en que un individuo ha introducido una orden limitada que no ha sido ejecutada y ahora puede elegir entre cancelarla o dejarla en el libro. El agente puede decidir cancelar su orden si las condiciones de mercado cambian y el agente no está satisfecho con el desarrollo que ha mostrado el libro de órdenes. En este caso, estimamos un modelo de probabilidad logístico. Encontramos

que la decisión de cancelación está positivamente relacionada con la horquilla y la pérdida de niveles de la orden después de su llegada al libro y está negativamente relacionada con la volatilidad, el aumento en el número de transacciones en el mercado y la variable de interacción entre la horquilla y el nivel de actividad comercial.

La contribución de este capítulo está en el estudio de las cancelaciones y de las variables que pueden afectar esta decisión. Es importante la consideración de las órdenes fleeting como opción diferenciada a la hora de posicionarse en el mercado y la consideración de que, para estas órdenes, la decisión de cancelar se ha tomado al colocarlas en el libro.

Una posible línea de investigación futura podría consistir en testar estas hipótesis en un modelo de finanzas experimental y ver si se obtienen los mismos resultados.

En el capítulo 5 se analiza el proceso de toma de decisión del agente en lo que a agresividad se refiere. En este caso, más que la decisión del tipo de orden a emitir nos interesa lo agresivo que resulta ser el individuo con su elección, por lo que distinguimos entre órdenes que tienen diferentes niveles de agresividad. Hemos construido una clasificación exhaustiva de la agresividad de las ordenes tomando como punto de partida el trabajo de Biais et al (1995) pero hemos eliminado las cancelaciones y hemos incluido una nueva categoría llamada “ninguna actividad” y definida como la menos agresiva. Lo que queremos analizar es el proceso de decisión de un nuevo agente que entra en el mercado y puede elegir entre todas las alternativas excepto cancelar la orden³. Un análisis descriptivo de la agresividad de las ordenes en el mercado español

² La probabilidad de observar órdenes fleeting aumenta si la última orden introducida es una orden de mercado

³ Realmente la opción de cancelar no es una opción que tenga un agente que llega al mercado, más bien es una opción que tiene cuando ya ha participado en el mercado emitiendo una orden limitada que aún no ha sido ejecutada.

demuestra que comparte muchas de las características observadas en otros estudios como por ejemplo Biais et al (1995). Hemos utilizado un modelo logit multinomial para analizar el efecto de algunas variables explicativas en la agresividad de la estrategia de posicionamiento de ordenes. Hemos encontrado que una horquilla más ancha incentiva la introducción de órdenes limitadas más agresivas y un aumento de la profundidad en el mismo lado del libro incentiva la introducción de órdenes agresivas para obtener prioridad en la ejecución. Estas órdenes son menos probables si aumenta la profundidad en el lado opuesto del libro. Si la volatilidad aumenta todo tipo de actividad es más probable. Si la opinión de los agentes sobre el precio de los activos es más dispersa, la probabilidad de introducir órdenes menos agresivas y a veces órdenes de mercado en el mismo lado del libro es más alta. Podemos considerar la dinámica del mercado considerando el número de órdenes emitidas o las transacciones que han tenido lugar en los 15 minutos previos a la emisión de la nueva orden. Si el número de órdenes de mercado introducidas en los últimos 15 minutos aumenta, la introducción de todo tipo de órdenes es más probable. Se puede observar el efecto diagonal para las órdenes limitadas, excepto para el grupo con alto nivel de actividad, tal y como puede observarse en las tablas de contingencia que acompañan a este capítulo. Si el número de cancelaciones que ocurren en el primer nivel aumenta, la introducción de órdenes agresivas es más probable.

También en este caso una posible línea de investigación futura podría ser el contraste de estas hipótesis implementando un modelo de análisis experimental.